

الألف كتاب (الثاني) ١١٠

الانقراض الكبير

ما الذي قضى على الديناصورات ودمر الأرض؟

ميكائيل ألب
تأليف: روجيمس لفلوك
ترجمة: د. أحمد مستجير



الهيئة المصرية العامة للكتاب



Bibliotheca Alexandrina



0147771

١١٠

الألف كتاب الشاى

الانقراض الكبير
ما الذى تضرر من النماصوات ودرافقها؟

الألف كتاب الثاني

الإشراف العام
و. سمير سرحان
رئيسة مجلة البلاد

رئيس التحرير
لمسعى المطيعي

مدير التحرير
أحمد صليحة
سكرتير التحرير
محمد عبيد

الإشراف الفني
محمد قطب

الإخراج الفني
ميراد نسيم

الانقراض الكبير ما الذى قضى على الديناصورات ودمر الأرض؟

تأليف

ميكائيل ألجى و جيمس لفلوك

ترجمة

د. أحمد مستجير
عميد كلية الزراعة - جامعة القاهرة



الجمعية المصرية للمكتبات

١٩٩٢

هذه هي الترجمة العربية الكاملة لكتاب

The great extinction

by

Michael Allaby & James Lovelock

بسم الله الرحمن الرحيم

« إذا الشمس كورت . وإذا النجوم انكدرت . وإذا
الجبال سيرت . وإذا الأشجار عطلت . وإذا الوحوش حشرت .
وإذا البحار سجرت ... وإذا السماء كشطت . وإذا الجحيم
سجرت .. »

صدق الله العظيم

كورت : لفت وعى ضوؤها انكدرت : تساقطت من مواقعها وتناثرت سيرت : تحركت من مواضعها حتى صار كالهباء . عطلت : تركت بلا راع	حشرت : جمعت ذاهلة من شدة القزع سجرت : تأججت نارا تلتهب . كشطت : أزيلت من أماكنها . سجرت : توقدت واشتدت .
---	---

مقدمة المترجم

كما الفن ، كما الأدب ، يرتكز العلم على الملاحظة ، والخيال ، والجسارة . وكل هذه أنشطة ذهنية بشرية تحاول ابتكار العالم : تجريده ، والتعمق في جوهره ، بغية الوصول الى المحال - الحقيقة !

ثمة بهجة تملأ رجل العلم - ومثله الفنان والأديب - ان هو أحس ان عماله قد اقترب أو يقترب من الحقيقة .

مدهش هذا العلم وجميل حقا ، منهجه ، أسلوبه ، نماذج ، نتائج ، تأملاته ، نظرياته !

وهذا الكتاب يقدم نظرية ، نظرية تبرر انقراض الدينصورات - ومعها ٧٠٪ من الكائنات الحية التي كانت تعيش على ظهر الأرض منذ ٦٥ مليون سنة . قد لا تبدو النظرية - وموضوعها - للبعض مثيرة ، فماذا « سنستفيد » منها على أي حال ؟ ولكن ، حتى من يرى هذا ، سيجد متعة - أي متعة - فماذا في تأمل « الطريقة » التي استطاع بها المؤلفان ان أن يكتشفا - في جسارة - واقعة حدثت منذ ملايين السنين ، بتفاصيلها - حتى لكانهما قد شاهداها - كيف جمعا وعرضا وناقشا - تعصيذا للنظرية - وجبة عجيبة متماسكة من علوم التطور والحفريات والوراثة والجيولوجيا والبيئة والمناخ والأقلمة والكيمياء والفيزياء والفلك ، كيف استطاعا أن يبحرا في مسالك بعيدة ليوثقا النظرية - لتؤكد لنا وحدة المعرفة . فان لم تكن من فائدة لهذا الكتاب سوى توضيح الطريقة التي تصاغ بها النظريات العلمية ، فكفى بذلك ، عندي ، سببا لترجمته . لكني أعرف أن هذا الكتاب سيبهز القارئ ، وسيضيف الكثير الى معلوماته ، وسيدفعه دفعا الى آفاق جديدة من التأمل الثرى والتفكير العميق .

٩ مارس سنة ١٩٨٨ .

أحمد مستجير

مقدمة

في اواخر السبعينات من قرننا هذا ، بدأت في الولايات المتحدة وانجلترا سلسلة من البحوث المنشورة تلقى الضوء على واحد من أكبر الألغاز العلمية في العصر الحالي . ان هذا الكتاب يحكى قصة حل هذا اللغز .

يتعلق هذا اللغز - هامشيا - بمصير الدينوصورات ، والدينوصورات هي تلك الزواحف الضخمة التي « حكمت » العالم (وسنخفف من معنى هذه الكلمة كثيرا) منذ زمن سحيق في القدم ، والتي اثار اكتشافها البهجة في صدور الصغار (والكبار) منذ نحو قرن ونصف من الزمان . وهامشية هذا الوجه من القصة لا ترجع الى ان الدينوصورات ليست مثيرة او انها ليست مهمة ، وانما لاننا قد نميل - في خضم انفعالنا بها - الى ان ننسى انها لم تندثر وحدها ، وانما اندثر معها ايضا نحو ٧٠٪ من انواع الكائنات الحية .

ليست كل الزواحف الكبيرة دينوصورات ، ولم تكن كلها يوما هكذا ، فهذه الكلمة تصف مجموعة ضخمة متباينة من الحيوانات تشكل عددا كبيرا من الانواع ، ولكنها - بالرغم من ذلك كلمة دقيقة . كانت الزواحف هي الشكل الحيواني السائد على اليابسة لفترة بلغت بضعة ملايين من السنين ، وكانت الدينوصورات هي قمة التطور في الزواحف . وهي لم تكن حيوانات بطيئة غبية خرقاء سيئة التكيف لا تصلح الا كمنكبات « كارتون » في مجال التطور ، فلقد كان الكثير منها سريع الحركة ، وكانت جميعا متقدمة تطوريا ، وكان كل منها في زمانه مكيفا كافضل ما يكون للبيئة التي يعيش فيها .

ولقد بقيت الدينوصورات مزدهرة عموما حتى ٦٥ مليون سنة مضت . ثم اندثرت معظم الزواحف من فوق سطح الأرض . ولقد اختلفت على حد علمنا كل الدينوصورات ، ومعها ايضا - كما ذكرنا - نحو ثلاثة ارباع الانواع التي كانت تحيا على الأرض .

هذا هو اللغز . ماذا حدث فتسبب في هذه الكارثة الهائلة ؟

نحن نعتقد اننا نعرف السبب .

ظل اللغز دون حل لفترة بلغت قرنا ونصف ، وذلك من تاريخ كشف أول العظام المتحفرة لنوع من زواحف ضخمة لا تشبه أيا من الزواحف الموجودة الآن . أما الشيء المؤكد - وإن كان قد شكك فيه هو الآخر - فهو أن طبقات الصخور الرسوبية - التي تحمل أحافير الدينوصورات وكثير غيرها من الحيوانات - ترقد مباشرة تحت طبقات أخرى لا تكاد تحمل أية أحافير وليس بهاى من أحافير الدينوصورات ، وهذه الطبقات الأخيرة هي بالضرورة أحدث عمرا لأنها توجد فوق الصخور الرسوبية . تنتسب الصخور التي تحمل أحافير الدينوصورات الى عصر يسميه الحفريون والجيولوجيون باسم العصر الطباشيرى ، أما الطبقات التي تعلوها فتنتسب للحقب الثالث الجيولوجى . تمثل الحدود بين هاتين الطبقتين نهاية فصل فى تاريخ كوكبنا ، وبداية فصل تال . ثم تعود الأحافير وتظهر مرة أخرى فى الصخور الأحدث عمرا الموجودة أعلى هاتين الطبقتين ، لكنها أحافير أنواع مختلفة عاشت فى عالم تسوده الثدييات . لقد حدث الانقراض - هذا الانقراض الجماعى - فجأة .

قدمت تفسيرات كثيرة ، كان بعضها معقولا ، وكان البعض الآخر مجرد سخف . يقبل الآن تفسير ما ، ثم يقبل من بعده تفسير آخر ، وهكذا حتى أصبح لدينا بعض الزمن من التفسيرات ما حدا بالكثير من العلماء الى امالها جميعا ، ليدرجوا القضية فى مجال ما لا يفسر .

وظل الحال هكذا حتى ظهر اكتشاف جديد . قلنا الآن ان طبقة صخور العصر الطباشيرى تقع مباشرة تحت صخور الحقب الثالث وتلاصقه . ولكن هذا ليس صحيحا تماما . فبينهما - وفى مواقع كثيرة من العالم - توجد طبقة رقيقة من الصلصال . وعندما حللت عينات من هذا الصلصال اتضح أن مكوناته الكيماوية تختلف اختلافا واسعا عن تركيب الصلصال العادى وعن تركيب الصخور الموجودة فوقه أو تحته .

من هنا تبدأ قصتنا ، من الصلصال على التخوم بين الطبقتين . ان القصة أشبه ما تكون بالرواية البوليسية . تكتشف جثة - أو جثث كثيرة فى روايتنا الحالية . تفشل كل محاولات تفسير سبب الموت . ثم تظهر الأدلة من حيث لا نحتسب - فقد انشغل العلماء فى فحص شيء مختلف تماما ، ولم يفكروا فى التوافق الزمنى الا مؤجرا . وما أن تفك طلاسم هذه الدلائل حتى تبرز صورة لكارثة هائلة !

اننا نعتقد أن محاولتنا فى تفهم الأدلة هي فتح جديد فى بابيه . طبيعى ان يكون الكثير من توصيفنا للواقعة وما قد حدث فى أعقابها هو مجرد

تأملات ، لكنها تأملات معقولة من الناحية العلمية • قد لا يكون ما نصفه هو ما حدث فعلا ، ولكننا متأكدون من أننا نصف ما يمكن أن يكون واقع ما حدث • وهذا ليس أمرا سهلا ، لأن الكارثة ذاتها كانت أبعد بمراحل من كل ما خبره جنسنا البشرى ، أبعد بكثير من كل الظواهر التي أمكن تحقيقها تجريبيا • ان ما حدث يتحدى كل قدراتنا التصورية •

كانت الكارثة هائلة ، أبعد بكثير من كل ما أمكن للإنسان العصري أن يصنع ، حتى لو فجرنا كل أسلحتنا الذرية في وقت واحد • لهذه الحقيقة تضمينات ، وهي تظهر أهمية خاصة لقصة حدثت من دهور مضت • اذا كانت الكارثة الضخمة قد فشلت في تدمير الحياة على أرضنا، فكيف تكون نظرتنا للتهديدات المفترضة اليوم من الصناعة أو الحروب ، والتي يعتقد الكثيرون بوجودها ؟ هل يمكن أن ندمر جنسنا البشرى ، دعك من تدمير الحياة كلها ؟ فاذا لم يكن في استطاعتنا أن نفعل حتى هذا ، فما هو مدى تكيف الحياة نفسها ؟ كم يتطلب الأمر كي نغير وجه الأرض ونحيلها الى أحافير وحطام وأشباح ؟ •

هذه أفكار قد تشغلك بعد قراءة الكتاب • ولكن دعنا نحكي القصة أولا • لقد بدأت في جنوب إنجلترا بامرأة ، كان اسمها ماري آنج • •

جيمس لفلوك

لونسستون - كورنول

ميكائيل آلبى

ويدبريدج - كورنول

الفصل الأول

العثور على الجثة

لم تكن ماري آننج (١٧٩٩ - ١٨٤٧) مجرد امرأة عادية • تلقت قسطا ضئيلا من التعليم الرسمي ، لكنها وجهت اهتمامها الى حرفة يداتها ، وبيالها من حرفة ا تخصصت في البحث عن الأحافير ، وبيعها ، لتشتهر في نهاية الأمر بقدرتها الفائقة على تحديد أماكن وجود الأحافير - وكان ملك سكسونيا واحدا من عملائها - ويازدهار عملها تعلمت الكثير عن بضاعتها الفريية •

كانت تعيش في قرية لايم ريجيس ، بمقاطعة دورسيت على الشاطئ الجنوبي لانجلترا ، حيث الصخور الطباشيرية الغنية ببقايا النباتات والحيوانات التي عاشت في الأزمنة القديمة ، وحفظت ودفنت بعد موتها في المواد الرسوبية التي يأتي بها البحر • ثم تعرضت الصخور الأقدم عندما قام البحر في العصر الحديث بنحت سطح المنحدرات الصخرية على الشاطئ ليزيل الطبقات التي رسبت عليها مؤخرا • كانت هذه المنحدرات هي الأماكن التي فتشت فيها ماري ، وفحصت بها محتويات الانزلاقات الأرضية والأسطح الطباشيرية التي تتعري كلما سقطت الى الشاطئ قطعة سائبة من المادة •

عرفها والدها بعملية جمع الأحافير ، كانت حرفته هي النجارة ، ولكنه كان يهتم بالعالم الطبيعي اهتماما واضحا ، شأنه في ذلك شأن الكثير من الأوروبيين في مطلع القرن التاسع عشر • ولقد كان هاريا متحمسا لجمع الأحافير الفريية •

كانت ماري تصحبه في تجواله ، وبدأت مجموعتها الخاصة من الأحافير • لا يستطيع كل شخص أن يحيا في جوار الأجزاء الطباشيرية ، ولقد نشأت بسرعة أسواق في أماكن أخرى من إنجلترا تباع فيها الأحافير • كان عمر ماري احدى عشرة سنة عندما باعت أولى عيئاتها •

ثم توفي مستر آننج ، وكان على ماري أن تبحث عن وسيلة للانفاق على عائلتها . كثفت بحثها اذن عن الأحافير ، وأخذت تباع أعدادا أكبر منها ، وظلت تعمل عائلتها بهذه الطريقة طالما لزم ذلك ، إلا أن ذبوع شهرتها جعل مهنتها في جمع الأحافير وبيعها أنجح من أن تترك . بل الحق أنها أصبحت شيئا كالأسطورة . غير أن طول تعرضها للجو البارد قد تسبب في إصابتها بالروماتيزم الحاد . لكن ، لم يكن هناك ما يحولها عن طريقها في الحياة - أو هكذا بدا لها .

كانت شواطئ دورسيت أيضا منطقة معروفة لقضاء الصيف ، ولقد شارك الكثيرون من المصطافين ماري الحماس في جمع الأحافير . وبذا افتتحت للجمهور « مستودعا للأحافير » ليزداد دخلها . وما يزال الكثير من أحافير ماري آننج موجودا حتى الآن في المتحف البريطاني (للتاريخ الطبيعي) . اختفى بالطبع « مستودع الأحافير » ، لكن المبنى الذي كان يضمه ما يزال قائما في قرية لايم ريجيس على مبعدة بضعة أمتار من الشاطئ .

وفي نحو عام ١٨١٠ اكتشفت ماري في الأجراف عظام حيوان بحري ضخمة لا يشبه أيا من الحيوانات الحالية . كانت العظام ما تزال مترابطة ، ومنها لم يكن من الصعب أن يقوم العلماء بمحاولة لإعادة تركيب الشكل الحي للحيوان الذي كانته . ولقد أطلق عليه فيما بعد اسم الأكصور .

عندما أعيد تركيب الأكصور كان شبيها بالسمة ، فله الشكل العالم للأسماك . لكن أطرافه كانت أطراف حيوان ثديي بحري ، وكالثدييات البصرية كان الواضح أنه يتنفس الهواء ، بالثرات لا بالخياشيم . فإذا نظرنا إلى النواحي الهامة الأخرى وجدناه في وضوح من الزواحف . وبذا تبدت صورة زاحف ضخم ، فيه شيء من السمكة وفيه أيضا من الدلفين الحديث ، كان يحيا في البحر - هو شيء يمكن أن يقال له « سحلية سمكية » . ما هذا الحيوان ؟ من أين أتى ؟ وأين يعيش الآن ؟ واشتهر أكصور ماري آننج . لقد عثرت ماري على الجثة ، أو قل أنها على الأقل قد عثرت على « إحدى » الجثث .

لم يكن هذا هو الحيوان الغريب الوحيد الذي عثر على بقاياها . لا ولم يكن حتى أول حيوان . ففي عام ١٧٧٠ ، وفي بلدة ماشرتريخت الهولندية الواقعة على نهر موس ، عثر على فكي سحلية هائلة في كهف طباشيري تحت الأرض ، سميت فيما بعد باسم « موساصور » (أي سحلية موسى) . واتضح أن هذين الفكين لزاحف بحري لاحق مفترس ، يبلغ طوله

٦ - ٨ أمتار ، ذى ذيل طويل كان يستخدمه فى السباحة ، وأطرافه حورت لتعمل كمجاديف .

وفى عام ١٧٨٤ عثر على بقايا زاحف طائر صغير يشبه الخفاش، وكان ذلك فى بافاريا ، ولقد أطلق على هذا المخلوق اسم « تيروصور » .

ثم ، فى عام ١٨٢٢ ، عثرت امرأة تدعى مسز مانتل على بعض الأسنان الحفرية فى حديقته بمقاطعة سببىس بجنوب إنجلترا، وعرضتها على زوجها الدكتور جديون مانتل ، وكان ممارسا عاما وحفريا هاويا ممتازا . بدت هذه الأسنان له شبيهة بأسنان سحلية إيجوانا التى يعرفها ، سوى أنها كانت أكبر بكثير . ثم اكتشفت على مقربة من نفس هذا الموقع عظام بدا أنها تنتسب لصاحب الأسنان . قام الدكتور مانتل إذن - مفترضا أن البقايا لزاحف يشبه سحلية إيجوانا - بإعادة تركيب العظام ، ونشر نتيجة عمله عام ١٨٢٥ وصف فيها ما أسماه « إيجوانودون » ، وهو زاحف يشبه - عموما - سحلية إيجوانا الموجودة الآن ، وأن كان ذا رجلين اثنتين ، وارتفاعه عند الوقوف يصل الى عشرة أمتار . وبينما كان مانتل منشغلا فى تركيب الإيجوانودون مستعينا بأحد الحفريين كان وليام بكلاند ، استاذ الجيولوجيا بجامعة أكسفورد، يقوم بعمل مشابه يعيد به تركيب حيوان يسمى « ميجالوصورص » وكان لاحما رهيبا . كانت عظام هذا الحيوان قد اكتشفت فى مقاطعة أكسفورد عام ١٨٢٤ . فدا الاهتمام بهذه الاكتشافات عظيما ، وكذا أيضا أصبح البحث عن عظام أخرى شبيهة . وما أن وصلنا عام ١٨٤١ حتى كان العلماء قد عرفوا تسعة أجناس من هذه الحيوانات المنقرضة . وبعد مرور ثلاثين عاما - ما بين ١٨٧٧ و ١٨٨٠ عثر فى مدينة بيرنيسارت ببلجيكا على واحد وثلاثين إيجوانودونا تنتسب جميعا لإيجوانودون دكتور مانتل .

كان السير ريتشارد أوين - الانجليزى عالم التشريح والحيوان - هو من صاغ فى عام ١٨٤١ اسما لهذه الرتبة من الحيوانات ، فضم الكلمتين اليونانيتين : دينوص (وتعنى الرهيبية) وصورص (وتعنى السحلية) فى كلمة واحدة هى دينوصور . حسنا ، لقد أعطينا هذه الجثث الاسم ، ولكن ، هل عرفنا هويتها ؟

كان الناس على مر التاريخ يعثرون على ما يبدو عظاما ماردة ، وكانت هذه العظام تفسر - فلايد من تفسير لها - على أنها بقايا مردة . كانوا يعتقدون بأن سلالات عملاقة من البشر - أم هل نقول من شبيهات البشر - كانت تعمر هذه الأرض من زمان طويل ، يصاحبها أشكال ماردة

من الحيوانات الموجودة الآن • ثمة أحفورة شهيرة تعرفوا عليها - وتأكدوا منها على ما يبدو - كانت هي « غراب سيدنا نوح » • ويبدو أننا لو عرفنا الحقيقة فسنجد على الأغلب أن كل أساطيرنا عن العمالقة وعن العمالقة من جنس البشر في المناطق الملائمة لحفظ الأحافير - إنما ترجع إلى اكتشاف مثل هذه العظام ، بجانب آثار الأقدام المحفوظة هنا وهناك • فالعظام وآثار الأقدام لم تكن إذن تشكل أية صعوبات فلسفية للناس في العصور القديمة • لا ولم تسبب أية صعوبات لمعظم الناس في القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر • لقد كانوا يعتقدون أن كل الأنواع قد خلقت سويا وأن معظمها قد هلك في الطوفان العظيم ولم يبق منها إلا ما حفظه سيدنا نوح •

اهملوا بعضا من الصعوبات التي لا بد وأن قد واجهها نوح • كان لابد لسفينته أن تتسع لحمل ما يبلغ نحو مليون نوع من الحشرات ، ٢٥ ألف نوع من الطيور و ٢٥٠٠ نوع من البرمائيات وستة آلاف نوع من الزواحف وبضعة آلاف نوع من الثدييات بجانب عشرات الآلاف من أنواع الكائنات الدقيقة ، ومعها بالطبع غذاؤها • كان حجم سفينته نحو ٤٣٨٠٠ مترا مكعبا •

أيا كان الأمر ، فإن ما اكتشف في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر من أن العظام وآثار الأقدام وغيرها من البقايا لم تكن لبشر من المردة وإنما لحيوانات مختلفة تماما ، هذا الاكتشاف قد قاد أساسا إلى تأملات عن أحوال الأرض قبل الطوفان • كانت وجهة النظر المقبولة في تلك الأيام هي أن خلق الكائنات قد تم في الساحة التاسعة من صباح يوم الأحد ٢٣ أكتوبر سنة ٤٠٠٤ قبل الميلاد • وهذا التاريخ هو كل ما يذكره الكثيرون عن رئيس أساقفة أرمناغ « جيمس آش » (١٥٨١ - ١٦٥٦) ، ذلك الرجل المثقف الموهوب ، الذي توصل إلى هذا التاريخ بأن عد الأجيال - في قائمة النسل الموجودة بسفر التكوين - حتى مولد المسيح • اليس في هذا ما يجعل هذا الأسقف الطيب أول من صمم نمطا رياضيا لوصف الحقيقة ؟ إذا كان الأمر كذلك ، فلا أقل من أن يمتنع نسله من المعاصرين عن السخرية منه • وعلى أية حال فلقد رسخ التاريخ ٤٠٠٤ ق م • تماما في القرن التاسع عشر ولم يكن يجسر على الاعتراض عليه إلا الشجاع حق •

كان من الضروري في النهاية أن يعترض عليه العلماء • ومن الطبيعي أن العلم يستخدم الأنماط ، لكنه يختلف عن غيره من النظم التي تستخدم الأنماط في أنه يختبر أنماطه على الظواهر المشاهدة في العالم

الواقعي ، وفي أنه مستعد - نظريا على الأقل - أن يطرح أنماطه جانبا إذا ما وجد أن قدرتها على الوصف قاصرة . كان أول من تشكك في هذا النمط لخلق الكائنات هم الجيولوجيون . كانت دراسة الصخور قد أصبحت في القرن التاسع عشر موضوعا يتابعه الكثيرون ، وبينما كان الهواة يجمعون البيانات والعينات ، كان المتخصصون يبحثون في تضمينات ما يجده هؤلاء الهواة .

كان جيمس هاتون (١٧٢٧ - ١٧٩٧) طبيبا اسكتلنديا تحول ليصبح جيولوجيا . قدم هذا العالم عام ١٧٨٥ بالجمعية الملكية بادنبرة بحثا أعلن فيه نظرية « المشابهة » ، وهي نظرية تفترض أن العمليات الجيولوجية التي يمكن ملاحظة عملها الآن على الأرض قد عملت دائما بنفس الطريقة خلال تاريخ هذا الكوكب ، وعلى هذا فإذا لاحظنا - على سبيل المثال - تفجر البراكين وفحصنا الصخور التي تنشأ عن ذلك ، فمن الممكن أن نستنبط حدوث البراكين في العصور القديمة إذا ما عثرنا على صخور مشابهة لم نرصد بجوارها أية انفجارات بركانية . افترض هاتون إذن أننا إذا عرفنا العملية التي تنتج نوعا من الصخور فلنا أن نقول إن نفس العملية هي المسئولة عن إنتاج نفس الصخور خلال التاريخ . وتكمن أهمية هذه النظرية في رفض التبرير بحدوث الكوارث أو التدمير الفجائي كمكونات ضرورية لتفسير وجود الصخور التي نراها حولنا اليوم .

وبعد فترة قصيرة لاحظ وليم سميث (١٧٦٩ - ١٨٣٩) - وهو مساح جال خلال بريطانيا يفحص طبيعة الريف لحساب شركات بناء القنوات - لاحظ أن توالى طبقات الصخور يحدث دائما بنفس النظام ، وأنه من الممكن أن تستخدم أحافير معينة في تحديد الطبقات بالصخور الرسوبية .

وعندما فحصت هذه الملاحظات مع غيرها مما أورده جيولوجيون آخر ، ظهرت تضمينات معينة . فمن فحص الصخور الرسوبية يمكن أن نقول إنها قد تكونت عن تراكم الرسابة ، التي قد تطمر فيها بعض الكائنات الحية ، ثم أنها قد ضغطت تحت ثقل الصخور من فوقها . وقد تحدث أحيانا عمليات أخرى ، فتتشوه الطبقات ، أو تسخن أو تعرض لسوائل أو غازات تسبب بها تغيرات كيميائية . ولقد أمكن ملاحظة أن هذه الصخور قد تكونت خلال حقبة معينة تراكمت فيها الرسابة ، تخللتها حقبة لم تضاف فيها أية رواسب . كما لوحظ أيضا أن عمليات مشابهة لا زالت تحدث حتى الآن ، فهناك مواقع كثيرة يحدث فيها الترسيب ويمكن فيها قياس معدله . ومن مثل هذه القياسات يمكن تقدير الزمن الذي يستغرقه

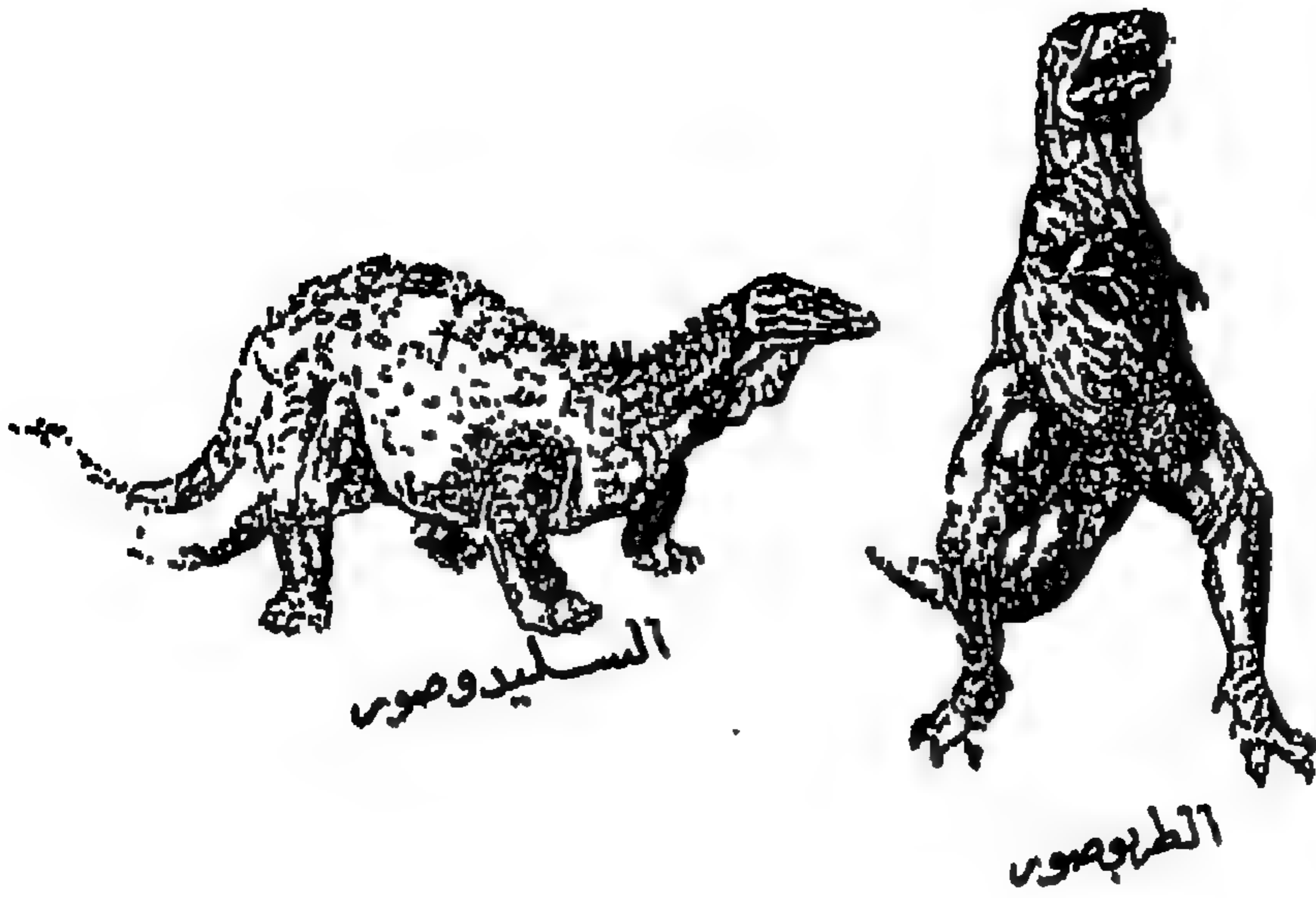
تكوين طبقة من الصخور ذات سمك معين • ومنه يمكن تقدير عمر طبقات الصخور الواقعية • وكانت نتيجة ذلك أن اتضح أن عمر هذه الصخور كان أقدم بكثير مما كان يظن • كان من الضروري إذن أن يهمل تاريخ أشر ، وأن يقدر عمر الأرض بالملايين لا بالآلاف بل وبعشرات الملايين ، بل وبمئات الملايين (ونحن نعرف الآن ، باستخدام القياس الإشعاعي الدقيق ، أنه يقدر بآلاف الملايين من السنين) • كان لذلك تضميناته بالنسبة لأحافير المردة أيضا • فقد أصبح من الجلى من مستويات الصخور التى عثر فيها على هذه الأحافير أنها عاشت حقا منذ زمن سحيق جدا • كان من الضروري إذن أن تتغير النظرة التقليدية للعالم الطبيعى ، ولقد تغيرت •

ثم لوحظ أن بقايا الحيوانات القديمة تحمل شبيها بالحيوانات المعاصرة يصعب تفسيره عن طريق نظرية الكارثة الفجائية • وعندما قرنت مثل هذه الملاحظات بأخرى صارمة عن العلاقات بين الأنواع الحية، نشأت نظرية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعى ، ثم أن النظرية قد قبلت تدريجيا •

حلت إذن حلقة من الأسرار : فالعظام القديمة تنتسب الى مجموعة من الزواحف المنقرضة • وثبت أن عمر هذه العظام يبلغ عشرات الملايين من السنين ، وأن الانتخاب الطبيعى يمكن أن يفسر ظهور الزواحف على الأرض ، ومعها أيضا الأنواع التى خلفتها • عثرنا على جثة أو جثتين ثم قاد ذلك الى حمية فى البحث عن جثث أكثر ، وكانت النتيجة أن تحولت الجثة أو الجثتان الى عدد كبير من الجثث • ولأن الظروف التى تؤدى الى حفظ وتصفير بقايا النبات أو الحيوان هى ظروف غير عادية وخاصة جدا، فمن الممكن أن نتأكد حقا من أن الأحافير التى عثرنا عليها لا تمثل أكثر من قمة جبل ثلجى هائل للغاية - بل القمة غير الممتلئة حقا •

أصبح فى مقدورنا الآن أن نحدد تاريخ الأحافير بمساعدة الجيولوجيين والطرق التى ابتكروها لتحديد العمر ، ولقد عرفنا الآن هوية هذه الجثث وزمان موتها • فهى قد اختفت من فوق ظهر الأرض منذ ٦٥ مليون سنة •

كما كشفت البحوث أيضا عن سر آخر ، لعله أكثر إثارة • نتفق جميعا على انقراض الزواحف الضخمة تماما - بالرغم من أن قدامى مؤلفى قصص الخيال العلمى قد كتبوا قصصا رائعة ممقازة ممعنة مفترضين أن بعضا من هذه الزواحف لا يزال يعيش فى بعض « العوالم المفقودة » - ولكن ، ما هو السبب فى انقراضها ؟ وبالدات ، لماذا انقرضت أيضا مع الزواحف نسبة كبيرة من الأنواع الحية فجأة منذ نحو ٦٥ مليون



شكل (١)

ثلاثة دينوصورات نموذجية تمثل تلك التي اختفت من فوق ظهر الأرض منذ ٦٥ مليون سنة أثناء الانقراض العظيم

سنة مضت ؟ كان السؤال ببساطة هو : ما الذى قضى عليها ؟ ولم يكن ثمة اجابة شافية .

قد تبدو مشكلة اندثار هذه الكائنات العملاقة اقل أهمية من طريقة حياتها ، عند البعض منا ممن يفضلونها حية . فعلى أية حال ، ثمة بهجة تملؤنا فى تصور الشكل الذى كانت عليه هذه الكائنات ، وفى تخيل أنفسنا فى مواجهة تيرانوصورص ركب (الذى اندثر قبل أن يظهر

أسلافنا بملايين عديدة من السنين) ، لا فى تأمل موتها • ان فضول الانسان لا يمكن اشباعه ، لا سيما فى مواضيع كالتحريات البولييسية بحثا عن المجرم • اننا نود أن نعرف السبب فى انقراض الدينوصورات ، ونحس بأن من حقنا أن نعرف ، وأن العدل يتطلب أن نعرف •

أجهد المفكرون أنفسهم – رجالا ونساء – على مدى سنين طويلة يحاولون حل اللغز ، ووصلوا أخيرا الى نقطة كان التأمل عبرها غير مجد • أصبح لدينا من التفسيرات الكثير ، حتى غدا من الصعب طرح أية تفسيرات جديدة • كانت المشكلة هى وجود شواهد قليلة لبناء التفسيرات • كان الشيء الوحيد المعروف عن يقين هو أن الانقراض قد حدث • وبذا كانت التفسيرات بالضرورة تخمينية ، فما يعجب شخصا اليوم ، قد يرفضه آخر غدا •

تسجل الانقراضات الجماعية الحد الفاصل بين قسمين من أكبر اقسام الأزمنة الجيولوجية •

ابتدأ الحقب الميزوزوى (حقب الحياة الوسطى) منذ نحو ٢٢٥ مليون سنة ، وقد ازدهرت الزواحف على طوله • وهذا الحقب مقسم الى عصور عديدة آخرها العصر الطباشيرى • وتلا العصر الطباشيرى – منذ ٦٥ مليون سنة مضت – العصر الثالث وهو أول اقسام الحقب الحديث • وأيا كان سبب الانقراض فهو يعرف باسم « واقعة الحد بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث » • وهذا الحد واقع حقيقى، واقع مادى يمكنك أن تراه اذا كنت تبحث عنه ، فهو خط واضح يفصل ما بين طبقة من الصخور وطبقة أخرى فوقها (لم تعثر مارى آننج على أحافيرها عند هذا الحد – وانما كانت طبقات تتبع الفترة الجورافية الدنيا ، وهذه قسم من العصر الجورافى يسبق العصر الطباشيرى – وهذا يجعل عمر أحافيرها ما بين ٦٥ و ٢٠٠ مليون سنة) • ثمة أماكن يمكن أن يرى فيها هذا الحد الفاصل • ففى انجلترا ، على سبيل المثال ، يظهر هذا الحد فى الأجراف الدنيا على شاطئ البحر فى ستضلاند ، بمقاطعة دورسيت ، وهذا موقع ليس ببعيد عن لايم ريجيس ، وان كان أبعد عن منطقة مارى آننج •

هل حدث الانقراض بالفعل فجأة ؟ صحيح أن الأمر يبدو هكذا ، ولكن هل تم فجأة ؟ ان نوع التفسير الذى نحتاجه للواقعة الفجائية سيختلف تماما عن التفسير الملائم لواقعة حدثت تدريجيا • ان الاختلاف يشبه الفارق ما بين حادثة القتل وبين الموت على السرير بعد مرض طويل • ان السؤال الذى يلزم أن نجد اجابته أولا يختص بسرعة حدوث

الانقراض • ولقد قدمت تفسيرات بعضها يعضد الانقراض التدريجي والبعض الآخر يعضد الانقراض الفجائي •

افترض البعض أن السبب قد يرجع الى تغير الجو الذي نعرف أنه قد حدث أثناء العصر الطباشيري • ولقد كان من المعتقد أن تغيرا سابقا في الجو قد تسبب في انقراضات جماعية مماثلة في بدء الحقب الميزوزوي ونهاية العصر البرمي السابق له ، فهذه الانقراضات على ما يبدو قد حدثت فجأة • ولكن ، اذا كانت الانقراضات الطباشيرية قد نتجت عن مثل هذا السبب ، فالأغلب أنها كانت ستحدث تدريجيا ، وفي هذه الحالة فان انقراضات العصر الطباشيري - الثالث الفجائية لن تكون بأكثر من نتائج مضلل لشواهد أحفورية مشتتة • قد لا يشير السجل الموجود بين أيدينا الا الى الأنواع التي اختفت خلال فترة قصيرة ، أما الأنواع التي اختفت قبلها على مدى زمنى أطول فقد لا تكون قد حفظت ، أو اننا لم نعثر على بقايا أحافيرها •

ولقد اكتشف حديثا أن المجال المغنطيسي للأرض يعكس قطبيته من آن لآخر ، فيصبح الشمال جنوبا والجنوب شمالا ، وفي أثناء حدوث هذا الانقلاب - وهو يحدث على فترة تبلغ بضعة آلاف من السنين - يضعف المغنيطوسفير - وهذا غلاف يكونه المجال المغنطيسي الذى يغلف كوكبنا • ومثل هذا الضعف قد يسمح بدخول اشعاعات مؤينة من الشمس ولقد كان من المعتقد أن حدوث هذا يضعف من طبقة الأوزون التى تمتص الكثير من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ، وبذا يشع سطح الأرض • فهل علينا أن نفترض أن الأنواع التى انقرضت قد قليت بالأشعة فوق البنفسجية ؟ اقترح أن الانقلابات القطبية قد تنتج عن التغيرات الجوية • وفي هذه الحالة ، هل يكون انقلاب القطبية مجرد مؤشر لحدوث الواقعة البيولوجية الهامة ، وليس سببا فيها ؟

ثمة تفسير دنيوى لهذا الانقراض يرجعه الى ظهور الثدييات • فالثدييات حيوانات ذات « دم حار » تحفظ درجة حرارة أجسامها مستقلة عن البيئة الخارجية (حيوانات ثابتة الحرارة) ، وبذا ففي مقدورها أن تحيا حياة ليلية ، أما الزواحف ذات « الدم البارد » فلا تستطيع هذا • فإذا كانت الزواحف القديمة تشبه الكثير من نظائرها من الزواحف المعاصرة ، فمن الممكن أن يقع بيضها المكشوف فريسة للثدييات تتغذى عليه أثناء الليل ، وبذا تنخفض الكفاءة التوالدية للزواحف ، ويقل عددها ، حتى تختفى تماما •

أو لربما انفجر نجم فى منطقتنا من المجرة فأمطر سطح الأرض بجسيمات عالية الطاقة • فهل ماتت أنواع من مثل هذا الاشعاع - بشكل

مباشر ، أو بشكل غير مباشر بأن أصبحت عقيمة ؟ هل هذا ما حدث ؟ وهل انقرضت لهذا السبب بسرعة ؟

ربما تحركت سحباً من « غبار - ما - بين - النجوم » خلال نظامنا الشمسي (أو تحرك نظامنا الشمسي خلال هذا الغبار ، فالنتيجة واحدة) .
فهل حجب هذا الغبار الاشعاعات الشمسية لفترة قصيرة أظلمت فيها الدنيا ؟ ففي الظلام تموت النباتات الخضراء التي تعتمد على ضوء الشمس ، كما تنفق الحيوانات التي تتغذى عليها ، من الجوع . وعلى أية حال ، فالعالم المظلم البارد لن يكون المكان الملائم لحيوانات متغيرة الحرارة . فهل كان الأفق في أواخر العصر الطباشيري مظلماً ؟ .

ثم هناك احتمال أخير - هو أكثر الاحتمالات مأساوية . هل اصطدم بالأرض جسم ضخم - قل مثلاً نيزك أو شهاب ؟ لو حدث هذا ، فعندما يكون الأثر ؟ يطلق اسم « كويكب » على الأجسام الصلبة الصغيرة السابحة في الفضاء ، ولها حجم كوكب ضئيل - أى يبلغ قطرها نحو عشرة أميال أو ما أشبه . فالنيازك والنجمات تعتبر كويكبات تسير بسرعات عالية . أما المذنبات فهي أصغر حجماً ، ونصفها ثلج ، ولكنها تتحرك بسرعة أكبر بمراحل ، وبذا فقد تحوى نفس القدر من الطاقة تقريباً .

فإذا ما اخترق غلاف الأرض الجوى أحد الكويكبات بسرعة تبلغ عشرين كيلو متراً فى الثانية (٧٢٠٠٠ كيلو متراً فى الساعة) فسيصل سطح الأرض بعد ثوانٍ من الاختراق . هنا سيسمع صوت اصطدامه كقرعة هائلة - فرقة اذا قورنت بفرقة انفجار قنبلة هيدروجينية فستكون مثل ثورة بركان سانت هيلين مقارنة بصوت إطلاق بندقية الأطفال - صوت هو أبعد بكثير جداً من كل ما خبره البشر على الإطلاق . سيحمل الصوت كحشد من الأمواج الصاخبة ، وستعم الزلازل أرجاء الأرض جميعاً . ولو سقط الجسم فى البحر ، فستنتلق الأمواج عبر المحيطات بسرعة مئات الكيلومترات فى الساعة ، لتشكل حوائط هائلة من الماء - قد يصل ارتفاعها الى مائة متر - تكتسح شواطئ القارات . ولو أنه سقط على اليابسة اذن لأحدث حفرة ربما بلغ اتساع فوهتها ٢٠٠ كيلو متر ، لتنتثر مادة الأرض تدريجياً - على مدى فترة طويلة - الى الغلاف الجوى ، ثم تسقط كغبار على الأرض . كما أن مرور جسم غنى بالطاقة خلال الغلاف الجوى سيسبب تفاعلات كيميائية فى الهواء نفسه ، كما قد تحدث تفاعلات كيميائية عقب انتشار الغبار ، وربما انبثقت الصخور المصهورة من تحت قشرة الأرض عن البراكين الثائرة بسبب هذه الهزة العنيفة .

فإذا لم تكن زاوية دخول الجسم فى الغلاف الجوى حادة ولم يكن سريعا ، وانما كان دخوله بزاوية ضحلة ، بحيث يرتد عن سطح الأرض لیتخذ مدارا له غير ثابت ، فانه سيفقد فى كل دورة جزءا من طاقته لیتقرب بالتدريج من الأرض دورة بعد دورة حتى يسقط فى نهاية الامر على الأرض شظايا مبعثرة على أوسع جبهة . سيفقد الجسم ، فى الغلاف الجوى - اثناء هذا كله - طاقته الهائلة ، ان يكن ذلك ببطء .

هل قضى مثل هذا الاصطدام على مجاميع كاملة من الأنواع ؟ ان فى امكانه بالطبع ان يفعل ذلك . ان ستارا من الغبار يحجب ضوء الشمس عن الأرض سيسبب الموت للكثير من النباتات ، تماما كما اقترحنا بالنسبة « لغبار - ما - بين - النجوم » . كما يمكن للتفاعلات الكيماوية ان تحدث اظلاما مماثلا اذا ما تكونت كميات كبيرة من اكسيدات النتروجين . فاذا ما نتج عن هذه التفاعلات احماض النيتريك والهيدروكلوريك والكبريتيك - وهو ما يمكن بالفعل ان يحدث - فان سقوطها « كمطر حمضى » سيسبب اتلافا كبيرا للنباتات .

والحقيقة ان ثمة طرقا عديدة يمكن بها لمثل هذه الواقعة ان تعلق الانقراض ، وان كان البعض من هذه التفسيرات الممكنة - مثل الموت جوعا بسبب موت نباتات الغذاء - قد يدفعنا الى الا نهمل احتمال ان تضم آخر الزواحف الهائلة انواعا ثابتة درجة الحرارة .

كل هذا طيب جدا . ولكن هل ثمة من سبب يدعونا الى ان نفضل هذه الكارثة كتفسير للانقراض ، مقارنة بالتفسير السابقة ؟ هل يرتكز هذا التفسير على أكثر من مجرد التخمين ؟

للإجابة على هذا السؤال علينا ان نتعقب اثر الأدلة التى دفعت العلماء فى السنين القليلة الماضية الى الاستنباط بان الواقعة التى حدثت على الحد بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث كانت بسبب ارتطام جسم فضائى بالأرض ،

الفصل الثاني

أدلة من الصلصال

كان ثمة علماء يخريشون فى سطح الأرض ، لم يكونوا يبحثون عن شيء معين ، وإنما كانوا يجمعون عينات للتحليل المعلى . كانوا يطمعون فى أن تمدهم هذه العينات ومحتواها الكيماوى بوسيلة أفضل من الوسائل المعروفة لتقدير عمر طبقات معينة من الصخور .

كانوا يعملون قرب مدينة جوبيو فى وسط ايطاليا ، وهذا هو الاسم الحديث للمدينة ، فقد كان أبناء مقاطعة امبريا القديمة يسمونها ايجوفيوم ، وكذا أيضا كان يسميها الرومان الذين شيّدوا مسرحها . ثم وفى القرن الرابع عشر بنى بها قصر فخيم - بلازو دى كونسولى - ويشغله اليوم مجلس المدينة .

تقع جوبيو فى حوض جبال الأبينين بمقاطعة بيروجيا . وهى مدينة ساحرة جميلة تضم ٣٢٠٠٠ من السكان ، تفخر - كالبعض غيرها من المدن الايطالية - بما تحتفظ به من تقاليد العصور الوسطى . ظلت هذه المدينة مستقلة قرونا طويلة ولم تتحد مع المملكة الايطالية حتى عام ١٨٦٠ . وهى تشرف على هضبة عند سفح جبل انجينو ترتفع كثيرا عن سطح البحر وتتمتع بجو معتدل . والحقول حول جوبيو تنتج أعنابا يصنع منها نبيذ محلى ، كما تنتج الزيتون لاستخلاص الزيت ، بجانب الحبسوب .

غير أن جوبيو قد ذاع صيتها فى ربوع ايطاليا كلها ، منذ أوائل القرن السادس عشر ، بما تصنعه من الخزف . ثم أصبح الأسمنت والطوب فيها مؤخرا من أهم منتجاتها التجارية . يصنع الخزف والطوب من الصلصال المحلى ، وكان هذا الصلصال هو ما اهتم به العلماء .

كان اهتمامهم يرجع الى أن صلصال جوبيو يحدد فى وضوح تام الحدود ما بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث . فجوبيو واحدة من تلك المواقع التى يمكن فيها أن ترى هذه الحدود بسهولة . فإذا كان التركيب الكيماوى لصلصال هذه الطبقة مميزا لها ، فمن الممكن أن يشير أى صلصال له نفس التركيب فى أى مكان بالعالم الى نفس هذه الحدود . سيعمل الصلصال اذن كعلامة يمكن بها أن نميز بشكل قاطع موقعا على قشرة الأرض عمره ٦٥ مليون سنة ، يكون عمر الصخور الموجودة تحته - بما تحمله من أحافير - أقدم من ٦٥ مليون سنة ، ويكون عمر الصخور من فوقه أقل من هذا .

ربما تطلبت كلمة « الصلصال » بعضا من التوضيح . فهى بالنسبة للجيولوجى لا تعنى أكثر من تربة مكونة من جسيمات قطرها أقل من ٠.٠٤ ر. من المليمتر ، أى نحو نصف عرض كرية الدم الحمراء . وإذا ما كان الصلصال يعين الحد الأدنى لحجم جسيمات التربة فإن الرمل يعين الحد الأعلى ، فقطره يتراوح ما بين ٠.٠٥ ر. من المليمتر (الرمل الناعم) و ٢.٠٠ مليمتر . وبذا فإن الصلصال أو الرمل لا يقـولان شيئا بالمرة - حسنا ، شيئا ذا وزن - عن كيمياء المادة التى تكونتهما . وكل مادة أرضية معدنية تعنى عند الجيولوجى « صخورا » ، وبذا فليس هناك أى تعارض إذا استخدمنا كلمة « صخور » بدلا من « صلصال » أو « رمل » .

كان العلماء يفحصون هذا الصلصال بجوبيو . ووجدوا أنه يحتوى على كميات عالية نسبيا من عنصرى الايريديوم والأوسميوم .

والايريديوم والأوسميوم معدنان ثمينان ، وهما ثمينان لانهما نادرا الوجود . وهما ينتميان الى مجموعة المعادن البلاتينية (لأن أشهر معادن المجموعة هو البلاتين) . ويجانب ارتباطهما بالمجموعة البلاتينية فهما أيضا معدنان نبيـلان ، بسبب عزوفهما عن التلوث بالدخول فى التفاعلات الكيماوية . والمعادن النبيلة تمر بنجاح فى اختبار الحامض ، وهذا يعنى أن الأحماض البسيطة لا تؤثر فيها ، وانما يذيبها الماء الملكى - وان لم يكن ذلك بسهولة فى حالة الايريديوم والأوسميوم - والماء الملكى هو مزيج من حامض النيتريك وحامض الهيدروكلوريك . والمعادن النبيلة الأخرى تضم الذهب والبلاتين والبلاديوم . ولأنها معادن نبيلة فهى توجد عادة فى صورة معدن نقي (لولا صعوبة العثور عليها) .

اهتم العلماء فى جوبيو أساسا بالايридиوم والأوسميوم ، ولم تثرهم بقية المعادن النبيلة الا فيما بعد .

والايридиوم معدن ثقيل جدا ، والحقيقة أن الايريديوم والأوسميوم هما الأثقل من بين العناصر الأرضية كلها . اكتشف الايريديوم عام ١٨٠٣ كيمارى انجليزى اسمه سميتسون تينانت وأطلق عليه الاسم الاغريقى لـ « قوس قزح » . ويبلغ الوزن النوعى لهذا العنصر ٢٢ر٣٦ جم للسنتيمتر المكعب على درجة حرارة ٢٠ مئوية ، وعدده الذرى ٧٧ ووزنه الذرى ١٩٢ر٢٢ وينصهر على درجة حرارة أعلى من ٢٤٠٠ درجة مئوية ويغلى على درجة ٤١٠٠° م ، وهو يستخدم كسبيكة مع البلاتين فى صناعة الحلى ، وفى بعض الأطراف الكهربائية حيث تفيد مقاومته لدرجات الحرارة العالية التى قد تتولد عن الشرر الكهربى ، وفى بعض الأدوات الجراحية ، وفى أطراف ريشة أقلام الحبر . وهو يكون أيضا جزءا من المعدن الذى يصنع منه النموذج الاصلى للمعتر والكيلوجرام الدولى (١٠٪ من الايريديوم فى سبيكة مع ٩٠٪ بلاتين) .

يوجد عنصر الأوسميوم فى المعدن المسمى أوسميريديوم ، ويوجد فى معظم ركاز البلاتين . كان تينانت هو أول من فصل هذا العنصر ، وقد أعطاه اسمه عام ١٨٠٣ ، وهو مأخوذ عن الكلمة الاغريقية التى تعنى « رائحة » ، لأن أحد مركباته كبريه الرائحة ، كالكلور ، وهو أيضا سام كهذا الغاز . والأوسميوم - كمعدن - صلب هش لونه رمادى فضى يكاد يستحيل تشغيله ، ووزنه النوعى ٢٢ر٥٩ وعدده الذرى ٧٦ ووزنه الذرى ١٩٠ر٢ ، وينصهر على ٣٠٠٠ درجة مئوية ، ويغلى على ٥٣٠٠° م وهو يستعمل كالايريديوم فى تقوية أطراف ريشة أقلام الحبر كما يستخدم فى صبغ الليبدات (الدهون) فى المواد الحيوية لدراستها تحت الميكروسكوب الضوئى أو الالكترونى .

هذان المعدنان اذن كثيفان جدا ، ثقلان جدا ، نادران جدا على سطح الأرض . ثمة مواقع أخرى بالنظام الشمسى يظهر فيها هذان المعدنان بشكل أقل ندرة مما هما عليه على سطح كوكبنا ، وإن كانا أبدا غير شائعين فى أى مكان بهذا النظام .

ان المادتين الأساسيتين فى بناء هذا الكون هما الأيدروجين - أخف العناصر - والهليوم ، العنصر التالى له فى الوزن . أما العناصر الأثقل فتتشأ فقط تحت الظروف السائدة فى جوف النجوم ، حيث توفر الأفران الحرارية النووية حرارة هائلة فهى - بالمعنى الحرفى - نواتج ثانوية لتفاعلات الاندماج النووى ، اذ تندمج نوايا الأيدروجين لتكون الهيليوم،

ثم تندمج نوايا الأيدروجين والهليوم لتكون نوايا أثقل ، وتندمج هذه مرة أخرى لتكون نوايا العناصر الأثقل ، ويستمر هذا النشاط حتى يتكون الحديد وتنتهى العملية عند هذا الحد فى نجوم كالحشمس ، إذ لا يمكن أن تتشكل العناصر الأثقل من الحديد إلا فى أكثر الأفران النجمية حرارة ، فتكوين الأيريديوم والأوسميوم يتطلب حرارة تفوق ما وصلتته الحرارة خلال المرحلة العظمى من تاريخ حياة النجم النموذجى . هما إذن يتطلبان أنجما هائلة الوزن ، استنفذت كل ذخيرتها من الأيدروجين والهليوم وابتدأت تحرق عناصر « مستحيلة » كالكريون والنيون ، إذ هنا تبدأ تفاعلات الدمج ، وهذه تفاعلات بطبيعتها غير مستقرة . فإذا ما كانت كتلة النجم أعلى من حد معين ، انفجر النجم ليكون نمطا - من نمطين - من السوبرنوفات . فالأيريديوم والأوسميوم وكل العناصر الثقيلة جدا قد صنعت مع - أو أثناء - حدوث واقعة سوبرنوفات قصيرة مذهلة ساخنة للغاية .

وبعد أن ينفجر النجم بهذه الطريقة يتقلص مركزه ويدخل فى مرحلة الشيفوخة ليكون نجما نيوترونيا أو ثقبيا أسود (حسب كتلته) . أما المادة التى يطرحها عنه أثناء الانفجار فإنها لا تعود إليه وإنما تنتشر بسرعة فى الفضاء ، فى صورة سحب من جسيمات متباينة الأحجام ، ساخنة . وسيوجد بالفضاء أيضا سحبيات باردة من غبار وجسيمات . ومجرة برج السرطان تمثل واحدة من هذه السحبيات . فإذا حدث وتفاعلت سحبية سوبرنوفات ساخنة مع سحبية باردة أكثف منها ، فإن موجات الاصطدام التى تنتج عن مثل هذا التفاعل ستتسبب فى تكثف كلتا السحبيتين لتكون نجما جديدا ، قد يكون له كواكب مكونة جزئيا من المادة الخام الناتجة عن انفجار السوبرنوفات .

يتركب نظامنا الشمسى جزئيا من مثل هذه السحبية المختلطة . فالكثير من ذرات الأرض قد نشأ فى هذه المحرقة النووية الأولية ، ولما كان لحمنا يضم نفس هذه الذرات ، فإن أجسامنا تتكون جزئيا من الغبار الذرى المتساقط !

وفى أثناء تكثف الشمس وكواكبها ، تقاربت بالجاذبية جسيمات السحبية حتى وصلت إلى مرحلة توزعت فيها بانتظام العناصر التى تكون نظامنا الشمسى . ويتقدم التكثف صنف هذه العناصر ، فتحركت الخفيفة منها إلى الكواكب الخارجية ، أما الكواكب الداخلية فقد سخنت بشدة ، مما تسبب فى ضياع العناصر الخفيفة منها فى الفضاء ، وبقاء العناصر الأثقل لتندمج حول مركز من المعادن الثقيلة المنصهرة . يتكون قلب

الأرض - المركزى أساسا من الحديد والنيكل المنصهرين ، أما المعادن الثقيلة الأخرى ، ومنها الايريديوم والأوسميوم - وهى معادن لها الفة بالحديد - فقد امتصت داخل مركز الأرض أثناء تكون كوكبنا هذا الصلب .

فإذا بدا هذا معقولا ، فسيستتبعه طبيعيا السؤال عن السبب فى بقاء بعض الايريديوم والأوسميوم على السطح . الحقيقة أنه حيثما وجدنا على السطح معادن كالايريديوم أو الأوسميوم - أو قرب السطح فى الصخور التى كانت توجد يوما على السطح - فإننا نعتقد أنها قد وصلت من الفضاء الخارجى . ولكن ، لماذا يبدو أنها توجد فى مناطق أخرى من النظام الشمسى بمقادير أكبر منها على الأرض ؟ الواقع أن هذا ليس صحيحا . عندما تكثفت السحابة الأصلية ، فإنها لم تستخدم بأكملها لى تكوين ما أصبح الآن الشمس والكواكب ، وإنما بقى منها بعض الغبار ، يشكل الآن حزام الكويكبات . ويعتقد معظم علماء الفلك أن مد الجاذبية الذى سببته كتلة كوكب المشترى قد منع تكوين كوكب من هذا الغبار . ربما لم يكن هناك من المادة ما يكفى لتكوين كوكب ذى حجم معقول ، لكن الحطام الذى لم يتمكن من الاندماج فى صورة كوكب ما يزال الى الآن اما فى صورة غبار - بعضه موزع خلال النظام - أو فى صورة الكويكبات نفسها .

من المعتقد أن الكويكبات هى على الأغلب مصدر النيازك - وإن كان هناك من العلماء من يرفضون هذا ، ويمكن تقسيم النيازك الى صنفين أساسيين : النيازك المكونة أساسا من الصخور - أو النيازك « الحجرية » - وهذه تتألف من المادة الأولية التى صنع منها النظام الشمسى . ثم هناك النيازك المعدنية - أو النيازك « الحديدية » - وهذه قد تكون قد سخنت بقوة فى مرحلة من تاريخها ، أو قد تمثل قلب أجرام كانت يوما أكبر حجما بكثير ثم فقدت قشرتها الحجرية الخارجية ، ربما بسبب اصطدامها بنيازك أخرى . وتحتوى هذه النيازك الحديدية عادة على معادن نبيلة بتركيزات أكبر بكثير مما يوجد فى النيازك الحجرية أو فى الصخور على سطح الأرض .

إذا ما كانت العناصر موزعة بالتساوى على السحابة الأصلية كلها ، فإننا نتوقع أن يوجد كل عنصر بنفس القدر فى أى موقع بالسحابة ، على الأقل فى العمق الداخلى للنظام الشمسى . ولما كانت العناصر الثقيلة ستحجز فى لب الكواكب ، فستغدو صخور القشرة وقد استنزفت من هذه العناصر . ومثل هذا الاستنزاف لن يحدث فى الجزء من مادة السحابة

الذى لم يكون نجما أو كوكبا ، اما لأنه بلا لب ، واما لأنه مجرد لب ، وعلى هذا فان تركيب المادة التى تصل الى الأرض من الفضاء سيشبه على الأغلب تركيب السحابة الأصلية ، فاذا ما سقطت على سطح الأرض فستزوده بالعناصر النادرة التى حبست داخل لب الكوكب . تلزمنا هذه المعلومات الأساسية لفهم أهمية الدليل الذى عثر عليه العلماء فى جوبيو .

قاده فريق المخبرين فى جوبيو والتر الفارس أستاذ علم الجيولوجيا - جامعة كاليفورنيا ببيركلى ، وضم الفريق والده لويس و . الفارس من معمل لورنس للاشعاع ببيركلى بجانب اثنين من الكيماويين النسويين من نفس المعمل هما فرانك أسارو وهيلين ف . ميشيل . ولقد حصل لويس الفارس على جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٦٨ عن أبحاثه فى الجسيمات الأولية التى شملت اكتشاف طبقات الرنين . كان الفريق - ببساطة - فريقا مؤهلا تماما .

ساعدهم استخدام تقنية تحليلية جديدة جدا ، هى التحليل بالتنشيط لكن طريقة عمل هذه التقنية لا تهم قصتنا بقدر ما يهمنا أنها مكنتهم من اجراء قياسات دقيقة جدا لتركيزات العناصر الموجودة بمقادير ضئيلة للغاية . وهذه المشكلة قد لا تظهر من أول وهلة ، بسبب ما يعنيه الجيوكيماويون عندما يتحدثون عن « ندرة » عنصر ما .

فالجرانيت العادى ، على سبيل المثال يحتوى فى كل مليون جزء على ٠.٠٠١ جزء من الأوسميوم و ٠.٠٠٦ جزء من الايريديوم ، ومعنى ذلك أننا نحتاج كى نجمع جراما واحدا من الأوسميوم أن نعالج عشرة آلاف طن من الصخور ، ونحتاج ستة آلاف طن من الصخر لاستخلاص جرام من الايريديوم . صحيح أن الجرانيت ليس من بين الصخور الأفضل ، الا أن تركيز هذين العنصرين فى قشرة الأرض يبلغ نحو ٠.٠٠٥ جزء فى المليون للأوسميوم و ٠.٠٠١ جزء فى المليون للايريديوم . وعلى هذا فان القياس الدقيق لتركيز مثل هذين العنصرين كان صعبا للغاية وغير حاسم قبل أن تكتشف تقنية التحليل بالتنشيط . من ناحية أخرى سنجد أن تركيز هذين العنصرين فى النظام الشمسى ككل يبلغ عشرة آلاف ضعف التركيز على سطح الأرض . وحيثما أمكن تحليل عينات من المادة الخام الأصلية للنظام الشمسى - من الغبار أو النيازك مثلا - ظهر أن تركيز هذين العنصرين أكبر بمراحل من تركيزهما على سطح الأرض . ابتداء فريق جوبيو التحليل بعنصر الايريديوم لأنه أسهل فى التحديد والقياس مقارنة بمعظم العناصر الأخرى بالمجموعة البلاتينية .

أخذت العينات الأولى من صلصال جوبيو ، وأرسلت الى معمل لورنس للاشعاع فى بيركلى لأجراء التحليل . ولقد بين التحليل أن هذا الصلصال يحتوى من الايريديوم على ٣٠ ضعف ما هو موجود بالطبقات الموجودة مباشرة تحت أو فوق مستوى الخمسة وستين مليون عاما .

وهنا ثار السؤال : هل هذه الزيادة مجرد واقعة محلية بحتة ؟ أم يا ترى سنجد نفس الزيادة على نفس هذا المستوى فى مواقع أخرى ؟ تطلب الأمر أخذ عينات من صلصال تخوم العصر الطباشيرى من مواقع أخرى ، فتوجه العلماء فى أول الأمر الى موقع يبعد ٥٠ كيلو مترا جنوبى كوبنهاجن ، ثم الى الجزيرة الشمالية فى نيوزيلنده على الناحية الأخرى من العالم .

أخذت العينات الدانييمركية من موقع قرب كنيسة هويروب فى ستيفنزكلينت حيث يوجد « الصلصال السمكى » المعروف (وقد سمي هكذا لكثرة بقايا الأسماك المتحجرة فيه) الذى نشأ على أغلب الظن فى حوض مغلق يحوى ماء راكدا - ولقد توصلنا الى الظروف التى تكون فيها هذا الصلصال من تركيبه الكيماوى . كان لصلصال التخوم فى المواقع الأخرى تركيب مشابه ، وغدا من الصعب تفهم كيف يكون له نفس التركيب وقد تكون تحت المحيط العميق . وأوضح تحليل الصلصال السمكى وجود الايريديوم بتركيزات بلغت نحو ١٦٠ ضعف متوسط تركيزها فى قشرة الأرض . ثم جاءت عينات نيوزيلنده ، وكانت قد جمعت من موقع قرب خليج وودسايد ، نحو ٤٠ كيلو مترا شمال شرقى ويلنجتون . ولقد اتضح أنها تحوى من الايريديوم على عشرين ضعف الموجود بالصخور فوقها والصخور تحتها . وبرغم أن عينات الدانيمرك ونيوزيلنده كانت تختلف عن عينات جوبيو ، إلا أنها عززت حقيقة أن ارتفاع تركيز الايريديوم لم يكن ظاهرة خاصة بصلصال ايطاليا . أن الصلصال فى الطبقة التى يبلغ عمرها ٦٥ مليون سنة يحوى كميات أكبر غير عادية من الايريديوم مقارنة بالمناطق الأخرى من العالم .

بعد أن حددت التحاليل الكيماوية تركيزات الايريديوم فى صلصال مناطق حدود العصر الطباشيرى ، ابتدأوا فى فحص تركيزات عناصر أخرى : ٢٧ عنصرا فى العينات الايطالية و ٣٣ عنصرا فى العينات النيوزيلندية . واتضح أنها ليست غنية بشكل واضح بالايريديوم وحده ، إنما هى غنية أيضا بمعظم المعادن الأخرى . بدت كيمياء منحرفة تلك الخاصة بهذا الصلصال - المأخوذ من مواقع متباعدة جدا .

نشر والقر الفارس نتائج مختصرة سنة ١٩٧٩ ، ثم أعاد نشرها سنة ١٩٨٠ فى مجلة « ساينس » الأمريكية . ومباشرة أثارت فى المجتمع العلمى زوبعة من الاهتمام تحدث دائما عقب ظهور كل فكرة جديدة معقولة مثيرة . ابتدا العلماء يحققون نتائج الفارس ، واذا بكل نتائجهم تقسّم دعما اضافيا من التحليلات ، التى تمت فى مواقع جديدة عديدة .

وطدت اذن تماما حقيقة وجود طبقة من هذا الصلصال الغنى تحد التخوم ما بين العصر الطباشيرى والحقب الثالث . لقد أمكن تمييزها فعلا فى زومايا بشمال اسبانيا ، وفى منطقة الكف بشمال تونس ، وفى مواقع بحرية عديدة أمكن فيها الحصول على لب من المادة بالأعماق تحت قاع المحيط الهادى ، وذلك عن طريق فريق من الباحثين على ظهر باخرة البحوث الأمريكية « جلومر تشالنج » اثناء تنفيذ المشروع الدولى للحفر بأعماق المحيط (القائمة ٦٢ ، الحفرة ١٤٦٥ ، كما عثر باحثون أخرى على نتائج مشابهة بالمحيط الهادى) ، ثم أيضا - وبالتفصيل واسعة للغاية - فى كارافاكا بجنوب اسبانيا . كان أخطر البراهين يكمن فى حقيقة امكان رؤية التخوم بوضوح بالغ فى مناطق كثيرة جدا . وسنعود لهذا فيما بعد بالفصل السادس .

قام ر . جاناباثى - من معمل بصوث شركة بيكر للكيماويات فى فيلبسبيرج ، نيوجيرسى - قام بزيارة لمنطقة الصلصال السمكى بالدانيمرك وأخذ عينتين ، وحلل محتوياتهما من المعادن النبيلة ، وقارن أرقامه بتلك التى نتجت عن تحليل صلصال قاع البحر ، والبازلت المأخوذ من نهر كولومبيا . وأوضحت نتائجها التى نشرها فى مجلة « ساينس » (فى أغسطس ١٩٨٠) أن « كل هذه العناصر موجودة فى صلصال التخوم بتركيزات أعلى كثيرا من تلك الموجودة عادة فى المواد الأرضية كالبازلت الأرضى - وفى البازلت البحرى وصلصال المحيطات » . والحق أنه وجد أن تركيز « الايريديوم يبلغ ٦٩ جزءا لكل بليون جزء من المواد الأخرى ، كما أن الايريديوم والأوسميوم والبلاديوم كانت لها جميعا تركيزات تفوق ثلاثة أضعاف تركيزها العادى .

رجع ج . سميث (من أمستردام) و ج . هيرتوجن (من لوفان ببلجيكا) رجعا الى صلصال كارافاكا ليفحصا التفاصيل الدقيقة لتركيبه الكيماوى . أخذوا مائة عينة وفحصوا عددا من العناصر بلغ سبعة وعشرين . كانت العينات مأخوذة من على مستويات مختلفة ، وبذا تمكنا من ربط نتائجهما فى صورة تسلسل فى الصلصال نفسه . وكان ما اكتشفاه هو أن كل هذه العناصر توجد - فى معظم سمك الطبقة التى فحصناها -

بالتراكيزات التي يمكن توقعها ، كانت موجودة بالتراكيزات الأرضية النموذجية الطبيعية . ثم ، وفي السنتيمترات الأخيرة - وجدا أن كمية الايريديوم تبلغ ٤٥٠ ضعفاً لتوسطها في قشرة الأرض ، وكان تركيز الأوسميوم ٢٥٠ ضعفاً ، والزرنيخ ١١٠ ضعفاً . وكان تركيز الكروم تسعة أضعاف التركيز العادي ، وتركيز الكوبالت ٣٠ ضعفاً ، والنيكل ٤٤ ضعفاً ، والسيلينيوم ٤٠ ضعفاً والقصدير ٢٠ ضعفاً . ثم ذكرنا أن هذه الطبقة بالتحديد كانت تتميز بانخفاض كبير في عدد الأحافير . ولقد نشر سميث وهيرتوجن نتائجهما في مجلة « نيتشر » البريطانية .

وفي عام ١٩٨٠ نشرت بمجلة « نيتشر » نتائج مماثلة لبحث قام به فرانك ت . كاييت ، زيمنج زو ، وجون ت . واسون - وهم جميعاً من معهد الجيوفيزيكا وفيزيكا الكواكب التابع لجامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس . وتماثلاً مثل سميث وهيرتوجين كانت أبحاث الفارس القديمة قد أثارتهم ودفعتهم إلى فحص الصلصال بأنفسهم - ولقد استخدموا صلصالا من موقعين : أخذوا ٢٣ عينة من الدانيمرك ، مستخدمين مرة أخرى الصلصال السمكى من ستيفنز كلينت ، وثلاث عينات من أعماق المحيط الهادى - من الحفرة ١٤٦٥ ، بمركز المحيط ، تقريبا في منتصف المسافة ما بين يوكوهاما وسان فرانسيسكو .

ومرة أخرى إذا بنتائجهم تعضد نتائج المواقع الأخرى . وبالرغم من أن عينات لب أعماق المحيط كانت تحوى من الايريديوم نسبة أقل من مثيلتها في العينات الأرضية ، إلا أن هذا التركيز تزايد بشكل مفاجئ حاد ، من أقل من ٧ر٠ جزءاً في البليون في أحد المستويات ، إلى ١٢٩٩ جزءاً في مستوى آخر ، ثم إلى ١٥٦٦ جزءاً في مستوى ثالث .

يمكننا الآن أن نقارن تراكيزات الايريديوم والأوسميوم (كأجزاء في البليون) في الصخور الطباشيرية الطبيعية العليا ، وفي صلصال ستيفنز كلينت (فريق كاييت) وفي صلصال كارافاكا (فريق سميث وهيرتوجين) :

الطباشيرية الحديثة	ستيفنز كلينت	كارافاكا
٠.١٣	٣٥٧	٢٥٥
٠.٠٨	٤٣٨	١٦١
ايريديوم		
أوسميوم		

ولقد أعطت تراكيزات الكثير من العناصر الأخرى نفس هذه الصورة .

يشير الجدول السابق فورا الى أن الصلصال الدانيمركى يحوى من الايريديوم أكثر مما يحويه الموقعان الآخران ، وفى هذا شذوذ يبدو أنه يحتاج الى تفسير ، اليس كذلك ؟ فلنتصور أولا غبارا يتساقط على سطح ماء ساكن . هنا سيندفع الغبار خلال الماء الى أسفل ليشكل نسبة معينة من رواسب القاع . تصور الآن وضعنا يتساقط فيه الغبار على سطح ماء مفتوح به تيارات . هنا ستتحرك الرواسب بما تحمله من غبار من مكان الى آخر ، فيصبح تركيز الغبار فى منطقة أكبر منه فى منطقة أخرى . هل يمكننا بهذا أن نفسر الشذوذ الواضح بين تركيز المعادن فى الصلصال السمكى بالدانيمرك وتركيزها فى المناطق الأخرى ؟ سنعود الى فحص هذه المشكلة بتفاصيل أوسع فى فصل قال .

ابتدأ فريق الفارس بحثه الاصلى لاختبار ما اذا كان الصلصال الذى يحد التخوم بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث ، يمكن أن يميز كيمائيا . ومضى هذا الفريق ومن لف لفه كى يكتشفوا ليس فقط صحة هذا ، وانما أيضا أنه من الممكن أن تحدد هذه التخوم بوضوح فى أماكن كثيرة من العالم فى نصفى الكرة الأرضية . وهذا شيء غير طبيعى . ذلك أن الأرض لا تهدأ أبدا . فطبقات الصخور تتشوه باستمرار ، وتلتوى وتسخن ، وتبرد ، كما تتبدد مكونات معظم الطبقات فى المواد المحيطة . والمواد الرسوبية - أثناء رسوبها الى قاع البحر - قد يحركها ويخلطها عدد من الميكانيزمات لمتزج بالرسوبيات من تحتها ، وتتداخل الطبقات مع بعضها البعض بدلا من أن تظل منفصلة مميزة ، وهى تظل منفصلة مميزة اذا ما توقف الترسيب فترة تنضغط فيها المادة ، قبل أن يبتدىء الترسيب مرة ثانية ، فيستحيل أن يختلط ما أصبح الآن صخورا لينا بما يجد من رواسب . لكن تركيز المعادن النبيلة فى صلصال التخوم محدد بدقة بالغة . فهذه المعادن تتركز فى شريط يمكن تحديد سمكه ، يكون لتركيب المواد فوقه أو تحته بسنتيمتر واحد ، متوسط نسبة هذه العناصر فى قشرة الأرض ، بينما يزداد تركيز هذه العناصر بشكل واضح تماما داخل الشريط . انك لا تستطيع أن ترى الخط الكيمائى فى هذا الصلصال الرمادى بعينك المجردة ، لكنه - رغم ذلك - موجود .

هناك عمليات طبيعية أرضية تتسبب فى تركيز عناصر معينة . ثمة عملية معروفة - بيولوجية جزئيا - ربما كانت المصدر الرئيسى لكثير من الركاز المعدنى . اذ تتحرك المركبات المعدنية الذائبة خلال الماء الأرضى حتى تصل الى قاع مستنقعات الماء الراكد . تتكون الرواسب تحت هذا الماء من طين تتحلل فيه البقايا العضوية تحليلا ميكروبيولوجيا لا هوائيا - تنتج عنه غازات كالميثان وكبريتيد الأيدروجين . وتعمل هذه الغازات على

الطين لتفصل المركبات المعدنية غير الذائبة ، فتترسب وتتركز في الرواسب
لتنحول في نهاية الأمر الى ركاز .

وهناك عمليات بيولوجية بالكامل ، تستخلص فيها الكائنات الدقيقة
غذاءها من مادة تحتوى على مركبات معدنية ، فتركز المعادن بهذه
الطريقة . كما يجوز أن يكون الركاز المعدني أكثر صلابة من الصخر
المحيطة به ، فإذا ما وجد مثل هذا الصخر على سطح الأرض ، فقد تبدده
عمليات التجوية تاركة الركاز خلفها ، وعندئذ فمن الجائز جدا أن نجد في
عينات صخر السطح نسبة عالية من معدن نادر الوجود على السطح
ركزت بهذه العملية الطبيعية . وليس هذا أمرا ممكنا فحسب ، فلقد
حدث بالفعل ، فالمعروف أن المعادن الثقيلة قد ركزت بهذه الطريقة . ولقد
وجه جاناباثي الاهتمام الى المناجم الكندية حيث يستخرج الروثينيوم
والأوسميوم والاييريديوم والبالاديوم والذهب من ركاز أصله أرضي تماما
(وجاناباثي هو من قام بتحليل الصلصال الكندي وصلصال نهر كولومبيا)
وهذه المعادن توجد أحيانا في ركاز نحاسي نيكلي ، وفي ركاز من كبريتات
المولبدينيوم ، إذ يسمح تشكيلها الذري بأن تستقر في الشبكة البلورية
للاصخر . وحيثما يحدث هذا يكون التركيز العالي محليا فقط ، وهكذا
بالطبع تكون أيضا نتيجة العمليات الحيوية .

من المستبعد أن تكون زيادة تركيز هذه العناصر في صلصال التخوم
مجرد ظاهرة محلية ، فلو كان الأمر كذلك ، لكان توافقا أكثر من اللازم،
إذ علينا أن نقول أن نفس العملية المحلية الأرضية للتركيز قد جرت في
نفس الوقت تقريبا في كل هذه المواقع المختلفة . أضف الى ذلك أن تركيز
المعادن النبيلة عن طريق عمليات أرضية لا بيولوجية إنما يكون إذا
ما وجدت داخل الشبكات البلورية لاصخور بعينها لها تركيب كيميائي
معين ، ومعنى هذا أن المعادن النبيلة لا بد أن تصطحب عناصر أخرى ،
ومن الممكن أن ننتبأ بهذه العناصر وكذا بالنسب التي ستوجد بها . ولقد
كانت هذه النسب في صلصال التخوم خاطئة تماما .

علينا إذن أن نقرر أن التركيز العالي للايريديوم في طبقة التخوم
لا يرجع الى العمليات الأرضية التي نعرفها . اقترح فريق الفارس أن
الايريديوم لا بد وأن قد وصل من الفضاء لأن درجة انتشاره بالعالم
يقول بأنه من المستبعد جدا أن يأتي بسبب عملية التركيز المحلي . ولقد
أشار الفريق الى وصول جسم من الفضاء مرة كل مائة مليون سنة يمكنه
أن يوفر الكمية المطلوبة من المعادن النبيلة (نقصد من مكان ما خارج
الغلاف الجوي للأرض) . ولقد اتخذ سميت وهيرتوجين وجهة نظر

مماثلة ، يعضدان بها المصدر الفضائي ، لأن المصادر الأرضية تبدو غير كافية لتبرير التركيزات العالية من الايريديوم والأوسميوم . أما جاناباثي فقد شدته نسب العناصر التي وجدها في الصلصال الذي فحصه ، ووجد بها السبب الوجيه للفرض بأنها تصوى مادة غير أرضية . أما فريق كايت فقد كان أكثر حذرا ، لكنه تبني في النهاية فكرة المصدر اللا أرضي .

إذا كانت هذه المعادن قد وصلت حقا من الفضاء ، ففي أى شكل وصلت ؟ ثمة احتمالات أربعة : سحابة غبار ، أو سحابة من المادة ناتجة عن انفجار سوبرنوف ، أو مذنب ، أو نيزك . من المهم أن نحدد ما إذا كانت المادة قد وصلت في صورة ناعمة مشتتة فسقطت كما يسقط الغبار ، أم وصلت في صورة كتلة - أو كتل - كبيرة .

رأى جاناباثي أنه يستطيع بالأوسميوم أن يختبر أصل السوبرنوف . فالأوسميوم يوجد في شكلين من النظائر يهمانا في هذه القصة : أوسميوم ١٨٤ وأوسميوم ١٩٠ (توجد ذرات الكثير من العناصر في أشكال عدة ، لكل منها وزن مختلف ، ولأن الخصائص الكيميائية لهذه الذرات متشابهة جدا ، فهي تعتبر عنصرا واحدا ، وإن كانت تختلف اختلافا طفيفا . وكل نوع من أنواع العناصر يسمى « نظيرا » ، وتتخذ نظائر أى عنصر توزيعا ثابتا . فالقصدير على سبيل المثال له عشرة نظائر : دائما نفس النظائر العشرة ودائما بنفس النسب) . يقول جاناباثي ان النسبة بين نظيرى الأوسميوم ثابتة في العينات الأرضية وفي عينات النيازك . ولكنه يقول ان هذه النسبة قد تختلف في السوبرنوفات المختلفة - تذكر أن كل الأوسميوم يصنع في السوبرنوفات . وفي رأيه أننا سنجد نسبة واحدة في النظام الشمسي لأن المادة التي يتركب منها هذا النظام قد نشأت عن سوبرنوف واحد . ثم يمضى ليقول انه إذا كان الأوسميوم بالصلصال الذى فحص قد أتى عن سوبرنوف أخرى ، فسيكون من قبيل التوافق العجيب أن تتكرر فيه نفس النسبة التي حدثت في الانفجار الأقدم . قام جاناباثي بقياس نظيرى الأوسميوم في صلصال الدانيمرك وصلصال نهر كولومبيا ووجد أن النظيرين موجودان بالنسبة النموذجية لأوسميوم الأرض والنيازك . من هنا يمكننا أن نرفض فكرة اختلاف السوبرنوف ، وبالتالي نرفض وجود مصدر من خارج النظام الشمسي . استنبط جاناباثي إذن أن هذه المادة قد أتت من مكان ما داخل النظام الشمسي .

علينا أن نؤكد الآن أن وجهة النظر هذه بالنسبة لسبب توزيع النظائر هي فكرة الدكتور جاناباثي . قد يكون على حق ، لكن ثمة وجهة نظر أخرى معقولة سنعرضها فيما بعد .

من الممكن أن تحتوى السحابة من غبار ما بين النجوم على الكميات المطلوبة من الايريديوم والأوسميوم - كما قد يحدث مرة في كل مائة مليون سنة أن يتعرض النظام الشمسي الى مثل هذه السحابة أثناء مروره خلال أحد أذرع المجرة . أما كمية المادة التي تدخل الغلاف الجوى للأرض وتسقط على سطحها فستتوقف على كثافة السحابة ، وعلى سرعتها ، وعلى طول الفترة التي استغرقتها الأرض للمرور خلالها - وهذا بدوره يتوقف على حجم السحابة كما يتوقف على اتجاه حركتها بالنسبة لمدار الأرض . قدر كايت وزملاؤه حجم السحابة اللازم لتوفير ما يعتقد بوجوده من المادة ، واتضح أن الأمر يتطلب سحابة كثافتها ١٠٠٠٠٠ ذرة هيدروجين بالسنتيمتر المكعب (هذا لا يعنى بالطبع أن السحابة مكونة بالكامل من الهيدروجين ، ولكن هذه هي الطريقة الملائمة لقياس الكثافة) ، وقطرها يبلغ نحو ٨٦٠٠٠٠ بليون كيلو مترا (أى ٥٧٠٠٠٠٠ وحدة فلكية أو ٢٨ فرسخا نجميا) . وهذا يعادل عشرة أضعاف أكبر وأكثف السحابات الموجودة جوارنا بالمجرة . بل لد وجد كايت - بالنظر الى أن الايريديوم مركز في مثل هذا الشريط الضيق من صلصال كارافاكا - أن الأمر يتطلب اما أن يأتى هذا المعدن عن جزء من السحابة أكثف عشر مرات من الرقم السابق ، أو أن يكون معدل الترسيب في البحر في ذلك الوقت أقل من أدنى معدل للترسيب للحظه اليوم ، هذا والا توزع الايريديوم في قدر أكبر من الرواسب وأصبح الشريط أسمك مما هو عليه . وعلى ذلك ، فثمة صعوبات كثيرة تواجه الافتراض بأن الايريديوم والأوسميوم قد وصلا هنا من « سحابة - بين - نجمية » .

بقى لدينا المذنب والنيازك . يقف في صف فكرة المذنب العالم كينيث ج . هسو ، من المعهد الجيولوجى السويسرى بزيوريخ (مجلة نيتشر سنة ١٩٨٠) . الواقعة في هذه الحالة ستشبه الانفجار الذى حدث في حوض طنجسكا بسيبيريا في ٣٠ يونيو سنة ١٩٠٨ . ربما كان سبب ذلك الانفجار مذنباً صغيراً انفجر وتبعثر في الهواء ، وبدلاً من أن تنتج عنه حفرة كبيرة واحدة ، فقد نتج عدد من الحفر الصغيرة (قطرها من ٥٠ - ٢٠٠ بوصة) . اقترح هسو أن المذنب الذى اخترق الغلاف الجوى منذ ٦٥ مليون سنة كان في حجم مذنب هالى ، وكانت كتلته نحو ألف بليون طن . وهو يقول انه دخل بطاقة سخنت الغلاف الجوى ليسقط في البحر فيسخره هو الآخر . اننا لا نعرف الكثير عن التركيب الكيماوى للمذنبات ، لكن هسو قد اقترح اثراً كيماوياً واثراً فيزيقياً . فمن الجائز أن يقوم المذنب بإضافة كميات كبيرة من السيانيدات (اكتشف وجود الهيدروجين وميثايل سيانيد في ذيل المذنب كوهوتيك) يمكنها أن تسمم الكثير من الكائنات الحية . غير أنه من المشكوك فيه حقاً - كما أشار كايت

فيما بعد - أن تصمد السيانيديات بحالتها خلال مرورها في الغلاف الجوي،
اذ المفروض أن تتأكسد وتصبح غير سامة تحت درجات الحرارة العالية
التي لا شك وقد ولدها المذنب . وهي ان سقطت على البحر تحللت بسرعة،
ولم تكن لتنتشر بعيدا عن أماكن سقوطها . كما أن الحقيقة هي أن مركبات
السيانيد ليست سامة للدرجة التي تفترض عادة ، وبالرغم من الحكايا
التي يبتكرها مؤلفو القصص البوليسية ، فاذا قارناها مثلا بالكثير من
الكيمائيات الزراعية المعروفة ، فسنجد أننا نحتاج الى جرعات كبيرة
حقا لكي نقضى على معظم الكائنات الحية . وعلى هذا يصبح من المشكوك
فيه أن تكون السيانيديات قد وجدت بالتركيزات العالية اللازمة ، وعلى
طول الفترة الزمنية الكافية لتسبب اذى خطيرا .

وأخيرا علينا أن نتأمل احتمال سقوط نيزك . يلزم النيزك كي يزود
الأرض بالقدر اللازم من مادة التخوم أن يكون قطره ١٠ - ١١ كيلومترا
وأن يزن ٢٥٠٠ بليون طن . ربما لا نستطيع أن نستبعد كل الاحتمالات
الثلاثة الأخرى ، ولكن يبدو أن اصبح الاتهام تتجه على الأرجح الى النيزك .
وسنناقش هذا بالتفصيل في الفصل الخامس .

ظهرت فيما بعد براهين اضافية تبين أنه أيا كانت الواقعة التي خلفت
هذه العناصر فإنها لا بد وان كانت حادثة عنيفة ولدت قدرا هائلا من
الحرارة . عاد سميث وزميل له آخر هو ج . كليفر (من نفس معهد
الجيولوجيا بأمستردام) مرة أخرى الى صلصال كارافاكا بإسبانيا .
وفي الطبقة السفلى من هذا الصلصال وجدا الكثير من كريات صغيرة
جدا من مادة زجاجية تشبه التكتيكات التي تنتج عن انصهار الصخور .
ومثل هذه الكريات توجد أحيانا قرب البراكين ، لكن التحليل الكيماوي
لهذه الكريات قد بين أن تركيبها لا يشير الى أصل بركاني . اقترحا اذن
(في مجلة نيتشر سنة ١٩٨١) أن هذه الكريات قد تكونت بسبب جسم
اصطدم بالأرض ، جسم قد يكون نيزكا ، وقد يكون مذنباً ، والاحتمال
الأخير أقل ترجيحا .

كان غرض البحث الأصلي للفارس في جوبيو هو أن يكتشف
« توقيعا » كيماويا يمكن به تمييز صلصال التخوم بشكل سهل يعول عليه .
كان أمله أن يجد طريقة ملائمة لتعيين موضع التخوم في طبقات الصخر ،
ثم وفي نفس الوقت تحديد عمر طبقات الصخور في جوار هذه التخوم بشكل
أكثر دقة . أما أن يكون التوقيع الكيماوي في جوبيو ناتجا عن واقعة من
خارج الأرض فقد كان أمرا مثيرا وان لم تكن له علاقة بالغرض الأصلي .
ولم نعرف الا فيما بعد بأن التخوم قد نتجت عن واقعة رميية هائلة الحجم،

لتدفع العلماء الى الاعتقاد بأن الواقعة لم تكن فقط متزامنة مع الانقراض الذى حدث ما بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث ، وانما كانت هى ذاتها السبب فى الانقراض .

ان حقيقة وصول مقادير كبيرة من الايريديوم والأوسميوم عن مصدر من خارج الأرض فى نفس الوقت الذى انقرض فيه الكثير من النباتات والحيوان ، قد لا تكون بالطبع أكثر من مجرد توافق . وان الأدلة حتى الآن أدلة استنتاجية . لكن ، هكذا الأمر أيضا مع مسدس يخرج من فوهته الدخان !

كان قرار هيئة المحكمين العلمية ، المنعقدة فى أواخر عام ١٩٨٠ ، هو أن هذه الأنواع قد انقرضت فجأة ، تحت ظروف توحى بفاعل من خارج الأرض .

الفصل الثالث

فجأة ، أم بالتدريج؟

يقولون ان لكل قضية جانبين ، لكن الواقع أن هذا صحيح فقط بالنسبة للقضايا التي تتألف من مقترح واحد ومقترح مضاد . سيكون هناك من يهاجم وسيكون هناك من يدافع ، مدع ومدعى عليه ، ثم هناك المحاكمة القضائية . لكن قضيتنا لم تصل بعد الى مثل هذه المرحلة البسيطة . ثمة بدائل متعددة ، كل يتطلب الفحص .

توصل المحكمون الى قرارهم ، لكن التحقيق لا يد وأن يستمر ، فربما كانت الأنواع قد انقرضت - في طبقة العصر الطباشيري العليا - بمقتضى ظروف طبيعية . فالأنواع تنقرض على أية حال . كيف نتأكد من أن زوالها كان تدريجيا ؟

ثمة آليتان محتملتان يمكن بهما أن ينقرض النوع بالتدريج : الأولى هي المنافسة مع أنواع موجودة فعلا لكنها أفضل في التأقلم مع الظروف البيئية ، والثانية هي التغير داخل البيئة - تغير كبير في المناخ أو تغير كيمائى أو ميكروبيولوجى - والآليتان ليستا متنافيتين ، فقد تعملان سويا - لتصبح الصورة أكثر تعقيدا .

من الخطأ أن نفترض أن التطور لا يعمل الا عن طريق اقلمة الأنواع للظروف البيئية السائدة فعلا ، والتي لا سيطرة للأنواع عليها ، وأن التغير البيئى لا ينتج الا عن قوى فيزيقية وكيمائية تعمل مستقلة عن الكائنات الحية . هذه العوامل تعمل بالطبع ، لكن البيئة بالنسبة لأى كائن حي تشمل الكائنات الحية الأخرى ، التي يحور كل منها من بيئته المباشرة لدرجة تزيد أو تنقص . أصبح من الشائع أن نصف سلوك الانسان فى عصرنا هذا بأنه سلوك منحرف ، لأنه يغير وجه الأرض ، ولأنه يسبب تغيرات ضخمة فى النظام البيئى « الطبيعى » ، ولأنه يخلق فيزيقا وكيمياء

كوكبنا • نستطيع حقا أن نعتبر أن سلوكنا غير طبيعي ، ولكن ذلك انما يرجع الى المدى الذى يعمل فيه • تصور عالما تعداد حيوان القندس فيه - مثلا - هو نفس تعداد البشر الآن • ان ذلك بالتأكيد سيغير وجه هذا العالم بشكل هائل • ومثل القنادس كل الأنواع تقريبا • فالأفيال تسقط الأشجار اذا لم تتمكن بخراطيمها من أن تصل الى الأوراق العليا الصالحة لغذائها ، انها تستطيع أن تزيل غابات بهذه الطريقة ، بل ان أراضى المراعى قد نشأت بسبب ذلك • وكلاب البرارى تزيل الشجيرات حول عداخل احجارها لتحرر المفترسات من الغطاء وتشجع - عرضيا - نمو النباتات المفضلة لغذائها •

ليست هذه سوى بعض من الأمثلة المثيرة للتصوير فى البيئة ، ولكن ، لما كان نمو نبات ما يعوق نمو نبات آخر فى نفس الموقع - وهو ما يعنى « النجاح » - بالمعنى الايكولوجى - ولما كان الحيوان لا يستطيع أن يتغذى الا باحداث تغيير ولو طفيف فى البيئة من حوله ، فان القائمة النهائية للأنواع التى تغير البيئة لابد وأن تكون هى نفس قائمة الأنواع بأكملها • وعلى هذا فان التأقلم للبيئة انما يعنى تغيير الظروف التى أقامت الكائنات الحية السابقة كما يعنى التأقلم للقوى الطبيعية غير الحية • ثمة اسباب وجيهة للفرض بأن وجه هذا الكوكب كله - من اعماق المحيطات حتى السماء الأعلى للغلاف الجوى - قد حورته الحياة نفسها لمدى واسع يسمح لنا أن نعتبر المحيط الحيوى كله نتاجا من صنع الحياة ، من صنع الكائنات الحية الدقيقة أساسا ، ومعها - لحد محدود - النباتات والحيوانات عديدة الخلايا •

من الممكن أن يتسبب النشاط البيولوجى فى تغيير المناخ ، ويكاد يكون من المؤكد أن هذا كان صحيحا فى الماضى • وهذا التغيير - بيولوجيا كان أو غير بيولوجى - يمكن أن يؤدي الى ظروف تزدهر فيها أنواع معينة • ومن الجائز أيضا أن تكون التغيرات بين الأنواع نفسها - ربما فى عشائر كائنات دقيقة لم تترك خلفها سجلا حفرى ولا نستطيع أن نعرف عن أنشطتها الكثير ، وما نعرفه عن أنشطتها كله لا يمكن أن يأتى عن ملاحظات مباشرة - أن تكون هذه التغيرات قد خلقت ظروفًا جديدة تحملتها بعض الأنواع الأكبر ولم يتحملها البعض الآخر •

ثمة تعضيد فى حالة طبقة العصر الطباشيرى العليا ، هو أن التفسيرات المحتملة للانقراض التى تستبعد غيرها بالضرورة عددها محدود ، فقد ثبت فى النهاية أنه بالرغم مما قد يكون من ضخامة الأثر لواحد من الأسباب ، فان عددا غيره قد يعمل فى نفس الوقت ليوصلنا الى نفس الاستنتاج ، وبذا لا نستطيع أبدا أن نصل الى حل واضح •

دعنا نفحص أولا احتمال أن يكون انقراض أنواع الطبقة الطباشيرية العليا قد حدث بسبب التنافس مع أنواع أخرى . قيل على سبيل المثال أن الدينوصورات قد تطورت إلى أحجام هائلة جدا ، وأنها كانت صعبة المأخذ ، بطيئة ، غبية ، غير مؤهلة لمواجهة أى تحد لا يمكنها معالجته بقوتها الباطشة . وأنه لو نشأت مجموعة جديدة من الحيوانات وكانت أقل تخصصا ، فلربما لم تجد صعوبة في اجتلال البيئـة . بشكل أكفأ من الدينوصورات ، وبالتالي على حسابها . فهل كان ثمة مجاميع من الحيوانات ؟ نعم ، كانت هناك مجموعتان : الطيور والثدييات . فإذا افترضنا أن الزواحف الكبيرة والطيور والثدييات كانت تتنافس سويا ، فلربما كان من المفيد أن نفحص القوة النسبية لكل من هذه الحيوانات خلال الجزء الأخير من العصر الطباشيري .

يعتبر العصر الطباشيري واحدا من أطول العصور في التاريخ الجيولوجي للأرض ، لكن من الواجب أن نعامل هذه الجملة بحرص ، لأن أحداث الزمن الجيولوجي ليست سوى ابتكارات من صنع الحفريين والجيولوجيين . هي في حد ذاتها ملائمة لنا ، لكنها اعتباطية لحد ما . والعصر الطباشيري (وقد أعطاه اسمه الجيولوجي البلجيكي ج . ب . ج . أماليوس دالوي) يضم طبقات من الصخور الرسوبية ، والانقراض الذي نتحدث عنه يحدد نهاية هذا العصر . وفي هذا المعنى يمكن أن نصفه بأنه واحد من أطول العصور - التي يمكن ملاحظتها بوضوح - في تاريخ كوكبنا .

وحقبة ما قبل الكامبري الذي شغل نحو خمسة أسداس تاريخ الأرض كله ، حقبة أطول بكثير . في هذا الحقب ظهرت الحياة لأول مرة على كوكبنا ، وحوورت الكائنات الدقيقة من البحار ، والجو ، ومن بعض - على الأقل - من أسطح الأرض الجافة ، حورتها بطرق استغللتها الأشكال الحية فيما بعد . لكننا لا نعرف إلا القليل عن هذه الكائنات الدقيقة ، فهي لم تترك من الأحافير إلا القليل ، ولأن تاريخنا لتاريخ الأرض قد اعتمد بشدة في الماضي على أنواع معينة من الأحافير التي توجد في طبقات معينة من الصخور ، فقد افترض عادة أن غياب البقايا المتحفرة للأنواع عديدة الخلايا في صخور ما قبل الكامبري إنما يعني غياب الحياة في ذلك الحقب . لكننا عرفنا مؤخرا ليس فقط أن هذه الصبورة خاطئة - فقد عثر على أحافير دقيقة - وإنما أيضا أن هذا أمر غير معقول . لقد سبقت الكائنات الدقيقة الكائنات الكبيرة في الظهور . ولقد شغلت الكائنات الدقيقة ، وحدها ، الأرض معظم تاريخ هذا الكوكب .

وفى أثناء احتلالها - وحدها - للأرض طيلة هذا الزمن ، قامت بتغيرات هائلة - فى كيمياء البحار وفى الجو على وجه الخصوص . فلقد نتج غاز الأكسجين - بكميات كبيرة تجمعت بالغلاف الجوى - كمنتج ثانوى لعملية التمثيل الضوئى التى تقوم بها النباتات وحيدة الخلية . ولقد كانت هذه الواقعة بلا أدنى شك هى أخطر « وقائع التلوث » التى عرفها العالم ، لأن الأكسجين غاز شديد التفاعل ، كما أنه سام جدا بالنسبة للكائنات التى لا تعرفه .

لا وليست هذه هى القصة الكاملة للأكسجين ، ذلك أنه لو ازدادت نسبته فى صورته الغازية فى أى وقت عن حد محدد ، فإن خصائصه المؤكسدة ستتغلب على ما اكتسبته الأنواع من مقاومة . يستمضى أكسدة المادة الكربونية بسرعة كبيرة ، بمعنى أن ومضة واحدة فقط من ومضات البرق العشرة آلاف التى تحدث كل يوم قد تشعل نارا تقضى على كل الكائنات الحية على وجه الأرض ، لكن هذا لم يحدث ، ولن يحدث (كما نرجو) بسبب أنشطة الكائنات الدقيقة التى لا تعد ولا تحصى والتى تستعمل الأكسجين مباشرة وتأخذه من الجو ، أو التى تطلق الغازات (كغاز الميثان) التى تتأكسد فى الجو « فتحبس » الأكسجين .

لا يجوز لنا أن نغفل دور الكائنات الدقيقة فى تشكيل العالم الذى نعرفه ، بسبب غموض هذا الدور ، ولا يصح أن نهمل هذه الكائنات بسبب صغر حجمها . ان أهميتها فائقة . كما أن لها علاقة وثيقة بحكايتنا هذه . ان كل ما يسبب تغيرا كبيرا فى الكائنات الدقيقة على الأرض يمكن أن يقود بطريق غير مباشر الى تغيرات هائلة فى البيئة تؤثر على النباتات عديدة الخلايا وعلى الحيوانات . غير أننا لا نمتلك سجلا لمثل هذه التغيرات ، كما أن أثرها النهائى - ولكونه غير مباشر - قد يبدو وكأنه لا علاقة له بالسبب الأساسى الذى قد نعرف له سجلا . ان الكائنات الدقيقة توفر البنية التحتية التى تعتمد عليها الأنواع الأكبر ، والتغير فى هذه البنية قد يلعب دورا تطوريا أكبر من أى دور تنسبه له .

ورغم ذلك فإن العصر الطباشيرى - اذا تركنا العصر قبل الكمبرى جانبا - عصر طويل حتى بالمقياس الذى يستخدمه الجيولوجيون فى قياس التاريخ ، فلقد امتد نحو ٧٠ مليون سنة . ان بدايته تبعد عن نهايته بقدر ما تبعد نهايته عن عصرنا الحاضر . وطبيعى أن تتم خلاله تغيرات كبيرة ، ومن بين هذه التغيرات هناك انقراض بعض الكائنات أو وشاكة انقراضها . غيرت عشيرة الزواحف البحرية تركيبها . كان الاكصور - كذلك الذى عثرت عليه مارى آننج - متلائما تماما للحياة فى البحر ، لكن يبدو

أن أعداده قد تناقصت بتقدم هذا العصر ، ليختفى تماما منذ ٦٥ مليون سنة مضت . ولقد تلاشى التماسح البحرى فى أوائل ذلك العصر . لكن البلسيوصور - وهو زاحف بحرى آخر - ازدهر ليصل عدد أجناسه فى نهاية العصر الى عشرين جنسا على الأقل ، لم تكن جميعا ضخمة ، وإن كان بعضها هكذا - فلقد كان طول جمجمة الكرونوصور ثلاثة أمتار . ولقد كيفت السلحفاة نفسها للحياة البحرية ، ومثلها أيضا بعض السحالي ، وتطورت الى الموزاصور الذى ازدهر أيضا فى نهاية هذا العصر الطباشيرى .

ومع ذلك فقد كان العصر الطباشيرى قبل كل شيء هو العصر الذى ازدهرت فيه الدينوصورات - تلك الزواحف الأرضية . كانت الدينوصورات قد وطلدت وجودها عند بداية هذا العصر ، فلقد ظهرت فى العصر الثلاثى (الترياسى) وتزايدت أعدادها فى العصر الجورائى ، هى إذن قد نشأت قبل بداية العصر الطباشيرى بنحو ٩٠ مليون سنة . كان الايجوانودون شائعا فى العصر الطباشيرى ، على الأقل فى بعض المناطق ، كما وجدت به أيضا كل المجاميع الرئيسية : الصربودات والكارنوصورات والكوليوروصورات والطير قدميات والصورات المجنحة . ولقد تزايدت أعداد الصربودات خلال هذا العصر ثم تدهورت ، ومن المحتمل أن تكون قد اختفت قبل نهاية هذا العصر . أما الاصطفورات فقد اختفت تماما قبل بداية العصر الطباشيرى لتحل محلها الانكيلوصورات - وهى حيوانات عشبية كانت تدافع عن نفسها بصفائح درعية تعطيها شكل دبابة حية .

ثمة مجموعتان كانتا تسيطران على الزواحف : مجموعة الأورنيثيشيانات (العشبية) ومجموعة الصوريثيانات (اللاحمة) ، وهما تشكلان الدينوصورات الحقيقية . ولقد تشعبت هاتان المجموعتان وأصبح الكثير من أنواعها ضخم الجثة . ولقد ظهرت فى نهاية العصر الطباشيرى أكبر لواحم هذه الأرض طرا : التيرانوصور ، ولم يكن نوعا واحدا وإنما كان جنسا يضم العديد من الأنواع ، كما كان هناك الكثير من الأقارب البعيدة التى تضارعه شكلا . أما الأورنيثيشيانات فقد أنتجت الهادروصورات ، وهى الدينوصورات التى تتميز بما يشبه منقار البط ، ولقد ظهر منها فى نهاية الأمر نحو عشرين جنسا ، كما أنتجت أيضا السيراتوبسيانات ، وهى الزواحف التى كانت تتميز فى المراحل الأولى من تطورها بوجود أهداب شعرية حول الرقبة ، وكان لها فى نهاية العصر قرون ضخمة . وتنتمى التريسيراتوبيات لهذه المجموعة . أما الصورات المجنحة فقد تدهورت خلال هذه الفترة ولم يبق منها فى نهاية العصر إلا بضع مجاميع قليلة .

صحيح أن مجاميع الدينوصورات التي ازدهرت قد أنتجت بعضاً من العماليق ، لكن الحقيقة هي أن الحيوانات الضخمة حقاً – والتي تقفز الى ذهن عادة اذا ما سمعنا كلمة دينوصور – قد اختفت قبل بداية العصر الطباشيرى . فلقد ازدهر الديلودوكس – وكان طوله ٢٦ متراً ، كان عملاقاً بحق – فى العصر الجوراوى الحديث واندثر قبل منتصف الطباشيرى بوقت طويل . أما الذراعصور – الذى كان طوله ١٢ متراً ويزن ٨٠ طناً – فقد اندثر فى منتصف هذا العصر . أما الأباتوصور – وكان يسمى الريبونتوصور – فقد كان نوعاً جوراوى لم يستمر طويلاً فى العصر الطباشيرى .

ان الصورة التى تبزغ أمامنا خلال العصر الطباشيرى تبين الدينوصورات فى حالة صحية تماماً ، من وجهة النظر التطورية . كان البعض منها كبير الحجم – وأبداً لم تكن كلها هكذا – ولكن الحجم على ما يبدو كان يعطيها ميزة . ولم يكن معوقاً على الإطلاق . ومن الجائز فعلاً أن تكون حقيقة أن الدينوصورات قد غدت ضخمة أولاً ، ثم اندثرت – وهو ما حدث أيضاً لمجاميع عديدة من اللافقاريات فى أزمنة مختلفة – هى السبب فى الاعتقاد القديم بأن الحجم لابد وأن يقضى الى الانقراض . علينا أن نضع نصب أعيننا دائماً أن مجرد تعاقب ظاهرتين لا يعنى بالضرورة وجود علاقة سببية بينهما . فلقد حدث أن سلك التطور الطريق ناحية الحجم الكبير مرات عديدة بين الزواحف القديمة ، وطبيعى أن بعض الأنواع قد انقرضت . ونحن لا نتوقع شيئاً غير هذا . لقد اختفى الكثير من أنواع الثدييات خلال الخمسة وستين مليون عام الأخيرة . وسنعود الى هذا الموضوع فى الفصل التاسع عندما نتفحص المرحلة التى وصلها التطور على نهاية العصر الطباشيرى .

وقبل نهاية العصر الطباشيرى كانت الدينوصورات قد غدت عديدة ومتنوعة ، وليس لدينا من سبب على الإطلاق يدعونا للفرض بتعرضها لآية منافسة – الا اذا كانت فيما بينها . كانت الدينوصورات ناجحة تماماً كما الثدييات الآن ، بل وربما كانت أكثر نجاحاً ، فهى على أية حال قد ازدهرت فترة تقرب من مائة وخمسين مليون سنة .

وسنجد عموماً أن النوع الذى يموت يفسح المجال أمام نوع آخر من نفس طائفته يحل محله . قد تبدو هذه الجملة فضفاضة ، لكنها فى الواقع حقيقة بديهية . ثمة شواهد كثيرة من التاريخ الحديث . خذ مثلاً الأرخص (بوص بريمييجينيوس) ، الثور الأوروبى البرى . لقد انقرض هذا الحيوان فى القرن السابع عشر ، فلم يستطع أن ينافس الاتسسان الذى كان يصطاده للحم ، كما يقتله لأنه يتلف المحاصيل . انقرض النوع اذن لكن الجنس الذى يضمه لا يزال سليماً مزدهراً – وأمامك

أقاربه من الأبقار المستأنسة • وهناك قائمة طويلة من أنواع الثدييات والطيور التي انقرضت حديثا ، لكن الثدييات والطيور لا تزال مزدهرة •
ان فرضنا (البرر) بأن أنواعا معينة قد لا تستطيع أن تتلاءم مع تغيير البيئة ، هذا الفرض لا يصح أن ينسحب الى فرض يختص بالملاءمة التطورية للثدييات والطيور • ان هاتين الطائفتين في الحق ناجحتان تماما •

المهم هنا هو أن ما حل محل الزواحف التي انقرضت خلال العصر الطباشيري كان زواحف أخرى ، وبذا فليس من سبب يدعونا للفرض بأن يتواءم الزواحف كطائفة قد هدد ، أو أن أنواع الدينوصورات المختلفة قد انتهت بسبب التقدم الطبيعي للتطور •

كان من بين الأنواع التي اختفت من الأرض في هذا القرن نوعان من فئران البندقوط وفأر الكنغر ، وهى من الجرابيات الاسترالية المحلية • هذه الفئران لم تتحمل المنافسة مع الثدييات المشيمية التي أدخلت الى استراليا • فى مثل هذه الحالة ، التي قاسى فيها الكثير من الجرابيات بشدة من منافسة الثدييات ، قد نجد مبررا لاستنباط عن الجرابيات ككل • اننا لا نعرف بالتأكيد السبب فى أن تجد الجرابيات صعوبة فى منافسة المشيميات (ويبدو أن الفكرة القديمة بأنها أقل كفاءة من الناحية التناسلية فكرة خاطئة) • لكن تبقى حقيقة أنها وجدت المنافسة صعبة ، وربما خولت لنا هذه الحقيقة أن نستنبط أن الجرابيات أقل فى الكفاءة التطورية من المشيمات •

استبدل بالأرخص ، الثديى المشيمى ، ثديى مشيمى آخر هو سلالة المستأنسة ، وفى الحالة الأخرى استبدلت بجرابيات معينة أنواع من مجموعة أخرى • وما حدث فى العصر الطباشيري هو استبدال زواحف بالزواحف التي اندثرت ، وبذا فليس هناك ما يبرر الفرض بأن بقعاء الزواحف - ككل - قد هدد ، أو أنها قد هلكت مع التقدم الطبيعي للتطور •

ومباشرة ستبدو فكرة الانقراض التدريجى وقد ضعفت ، لأنه بالرغم من أن الكثير من الأنواع أو الطوائف قد اندثر خلال العصر الطباشيري ، فإن هذا لا يغير من حقيقة أن الكثير منها كان موجودا فى نهاية العصر - ولكن ليس بعد ذلك • ويبدو فعلا أن الزواحف فى الأزمنة الحديثة - وربما أيضا منذ بداية الحقب الثالث - قد استمرت فى الاندحار أمام طوائف أخرى • وهذا يعنى - فى السياق التطورى - أنها لم تعد « قوية » •

ان وجود الثدييات بالعصر الجورائى أمر معروف • كانت ثدييات ذلك العصر بدائية ، ولكن كان منها العديد من الأنماط • غير أن السجل

الحفري يقول ان الحيوانات نفسها كانت صغيرة وغير شائعة . ولقد ازدادت أعدادها خلال العصر الطباشيري . وعلى نهاية هذا العصر ظهرت أرائل الجوابيات والمشيمات آكلات الحشرات . كانت الحيوانات نفسها ما تزال صغيرة - كان أكبرها فى نحو حجم أوبوسوم فيرجينيا أو القطعة المنزلية . وربما كانت قارته حقا ، وان كانت تميل الى الأغذية ذات الأصل الحيوانى . كانت بكل تأكيد تأكل الحشرات ويرقاتها ، وبيضها فى بعض الأحيان ، كما كانت تأكل بيض الطيور ، والجيفة ، وما يمكنها اصطياده من الحيوانات الصغيرة . وحتى لو افترضنا انها كانت أكثر عددا مما يقترحه السجل الحفري ، فمن الصعب أن نتفهم نوع التهديد الذى تسببه للزواحف الكبيرة الراسخة .

ورغم الحكايات المعروفة عن الفيلة التى تخاف من الفئران (وان كانت تبدو بالفعل قلقة فى وجود الحيوانات الصغيرة سريعة الحركة ، ربما خوفا من أن تدخل خراطيمها) فان عشائر الحيوانات الكبيرة نادرا ما هددتها عشائر الحيوانات الصغيرة - ان كان ثمة تهديد على الإطلاق، ثمة غابة أوروبية حديثة متساقطة الأوراق قدرت فيها العشائر الحيوانية . اتضح أن الكتلة الحيوية (الوزن الكلى) للحيوانات الصغيرة - القوارض واللواحم وآكلات الحشرات - تفوق مثيلتها للثدييات الكبيرة - الخنزير البرى والغزال - بنسبة ٥ : ٢ . والخننازير عموما حيوانات قارته ، أما الغزال فهو عشبي متخصص . والتباين فى الثدييات الصغيرة أكبر بكثير، ولكنها لا تضايق الثدييات الكبيرة . ولم يقترح أحد أن الكتلة الحيوية للثدييات العصر الطباشيري كانت تقترب حتى من الكتلة الحيوية للزواحف، وبذا فالثدييات على الأغلب لم تكن بالمنافس الخطير . وليس هناك أية شواهد توحي بأن ثدييات العصر الطباشيري كانت تتكاثر بالمعدل الذى نتوقعه لو أنها احتلت مناطق كانت الزواحف تشغلها . على العكس ، فزيادتها لم تبدأ حقا الا فى الحقب الثالث عندما احتلت مواقع الزواحف التى انقرضت .

يبدو اذن أن علينا أن نهمل فكرة أن يكون تدهور الزواحف قد حدث نتيجة لنجاح الثدييات .

والشواهد بالنسبة للطيور أكثر غموضا ، ذلك لأن سجلها الحفري أقل ارضاء من سجلات الطوائف الأخرى . والأرجح أن أنماط الطيور الحديثة قد ظهرت على نهاية العصر الطباشيري . ومن الجائز أن تكون قد تناقست بنجاح مع الصورات المجنحة ، ويبدو أن نجاحها قد تم متواقتا مع تدهور هذه الصورات (وعلى الذكر ، لم تتطور الطيور عن الصورات

المجنحة وانما عن مجموعة أخرى من الدينوصورات) . لكن الحقيقة هي انه حتى لو كانت الظاهرتان مرتبطتين سببيا - نعى أن نجاح الطيور كان بسبب تدهور الصورات المجنحة - فان هذا لا يخدم الجدل ، لأن الطيور انما تتنافس فقط فى المناطق الصالحة للاشكال الطائفة . والزواحف الكبيرة - ارضية كانت أو بحرية - لم تعتمد أبدا على غذاء لا يتاح الا بالطيران ، وبذا فان تأثيرها بهذا التغير لا يختلف عن تأثير الثدييات الحديثة الكبيرة ، الأرضية الغذاء - بتغير عشائر الطيور . أضف الى ذلك أن تدهور الصورات المجنحة قد لوحظ على طول معظم العصر الطباشيرى ، وقد تكون قد اختفت تماما على نهايته . لكن سيفرنا دائما أن نتصور انها اختفت لأنها لم تتمكن من منافسة الطيور .

لكن هذا الجدل للأسف ليس مقنعا حقا . ويمكن توضيح هذا بمقارنة الطيور بالخفافيش ، وهذه رتبة من الثدييات . لقد عثر على بقايا أحافير الخفافيش فى طبقات ترجع الى الفترة الأيوسينية والعصر الثالث - وهى الفترة التى ابتدأت من ٥٤ أو ٦٠ مليون سنة مضت - ولكنها قد تكون قد ظهرت فى وقت مبكر عن ذلك ، فى الفترة الأولى من العصر الثالث المسمى بالعصر الباليوسينى . ويبدو أنها لم تسبب أية مضايقة محسوسة للطيور فاذا ما كان نجاح مجموعة يقود الى اختفاء المنافسين ، فالمفروض أن يحدث هذا هنا . والخفافيش تنتمى الى ما قد تكون أكثر رتب الثدييات نجاحا (رتبة كيروبترا) وهى مكيفة تماما للطيران ، ويمكنها حقا أن تتفوق فى المناورة على الطيور الصغيرة آكلة الحشرات التى تشاركها أجواء المساء .

وبالرغم من أن معظم الخفافيش والكثير من الطيور تتغذى على الحشرات ، فليس من سبب يدعونا للفرض بأن ظهور الخفافيش ، متأخرا عن الطيور بنحو ٦٠ أو ٧٠ مليون سنة ، قد أدى الى اختفاء نوع واحد فقط من الطيور . لا ولا نستطيع أن نفترض أن الحياة الليلية للخفافيش كانت استجابة لمنافسة الطيور النهارية . لا شك أن حياتها الليلية قد سهلت ترسيخها ، لكن من المستبعد أن تكون قد اتخذت هذا السبيل لهذا السبب . والأغلب أن الخفافيش قد تطورت عن أنواع ليلية بينما تطورت الطيور عن أنواع نهارية .

الواضح أن الخفافيش لم تسبب أية مضايقات للطيور ، ولكن ، هل ضايقت الطيور الصورات المجنحة ؟ ربما يكون هذا قد حدث . لكن ليس هناك من سبب دامغ يؤكد ذلك . لابد أن الكثير من الصورات المجنحة كان يتغذى على الحشرات ، وربما قضى الكثير من أنواعها الكبيرة معظم

حياته فى الهواء ، تماما كطائر القادوس أو طائر السنونو الحديث . كانت أرجلها قصيرة ضعيفة . الشئ الذى يجعل من الصعب عليها أن تجثم أو أن تتحرك على الأرض أو أن تنطلق طائرة ثانية بعد وقوفها على الأرض ، بالرغم من أن البعض منها قد يكون قادرا على التوقف فوق سطح الماء وأن ينطلق طائرا منه ، تماما كطيور البحر الحديثة .

علينا فى النهاية أن نترك اختفاء الزواحف الطائرة كلغز ليس لدينا تبرير مقبول له . وكل ما نستطيع أن نقول هو أن هذه المجموعة ككل قد اختفت بالتدريج ، وأنها جميعا على الأغلب قد انتهت قبل نهاية العصر الطباشيرى بفترة ما ، وأن تدهورها قد توافق مع ترسيخ الطيور ونجاحها .

لا ولا يستتبع ذلك أننا إذا استطعنا أن ننسب تدهور مجموعة الى نجاح أخرى ، فإن هذا التدهور بالضرورة لابد أن يكون تدريجيا . فإذا اعتبرنا أن مصير الأنواع التى اختفت فى الأزمنة الحديثة كان بسبب كفاح الإنسان كى يهيئ لنفسه البيئة التى يرغبها ، فسنجد أن بعض الأنواع قد انقرض فجأة . وفى خلال بضعة قرون لا أكثر - وهذه فترة أقصر من أن يقيسها الحفرى - اختفى أكثر من مائتى نوع من الطيور والثدييات . وبالرغم من أن حجم هذا الانقراض لا يمكن أن يقارن بما حدث فى نهاية العصر الطباشيرى ، إلا أنه كان فجائيا تماما . صحيح أن سببه كان هو نفس التنافس بين الأنواع الذى نفترض له أن يعمل بالتدريج ، لكنه لم يكن كذلك ، أو هو على الأقل لم يكن كذلك فى كل الحالات .

اقترح أن الزواحف البحرية قد فشلت فى المنافسة أمام الأسماك كاملات العظام التى ظهرت خلال العصر الطباشيرى (وهذه تحت طائفة من الأسماك العظمية تضم معظم الأسماك الحديثة) . من الواضح أن الأسماك الأكثر تطورا قد حلت محل بعض (وليس كل) منافسيها من الأسماك الأكثر بدائية ، لكن من الصعب أن نتخيلها كتهديد أيكولوجى للزواحف ، إنما الأرجح أن تأكل الزواحف هذه الأسماك الجديدة . فإذا كانت المنافسة هى التى أدت الى تدهور الاكصورات مثلا ، فمن الممكن أن يفسر هذا ببساطة وبشكل أكثر قبولا عن طريق التطوير الذى حدث للبصورات التى يبدو أنها كانت حيوانات صيد على درجة عالية من الكفاءة . وكما حدث بالنسبة للصورات الطائرة ، فلا يمكننا أن نقول بالنسبة للزواحف البحرية التى اختفت خلال العصر الطباشيرى سوى أن انقراضها قد حدث على ما يبدو تدريجيا ، وأنه قد تم قبل نهاية هذا العصر ، وأنه ليس أمامنا إلا أن نتركه دون تبرير .

عندما وضعنا فى الاعتبار امكان اهمال المنافسة بين الأنواع كسبب هام لانقراض الأنواع ، توصلنا الى دليل قد يكون هاما . فى اشارتنا الى الغاية الأوروبية الحديثة (ص) اغفلنا أن نبرز تهديدا أكثر معنوية بالنسبة للثدييات الكبيرة: هو تخطيط موطن حياتها . كان الانسان هو الفاعل فى هذه الواقعة ، لكنها واقعة خاصة . فالنوع المسئول - أو المجموعة المسئولة فى تقسيم أعلى - لا يلزم أن تنافس ، بل الواقع أنه من المستبعد أن تنافس الأنواع المهددة ، فى نفس الغذاء أو نفس نمط موقع المأوى ، منافسة مباشرة .

وحيثما حدث هذا - وربما كان هذا هو أكثر الظواهر الايكولوجية توفيقا - كانت الحيوانات الكبيرة الحجم - بلا استثناء - هى الأكثر تأثرا . كثيرا ما تكون هذه الحيوانات نوعية جدا فى غذائها ، وبذا لا تستطيع النجاة اذا ما اختفت أنواع النباتات التى تعتمد عليها فى طعامها . كما أنها تفقد أماكن إيوائها وتقاسى من قلق لا تستطيع تحمله بسببه وجود أنواع أخرى ، بالرغم من أن هذه الأنواع الأخيرة لا تبغى لها فى الحقيقة ضرا . هناك بالطبع الكثير من الحيوانات الصغيرة - لا سيما من الحشرات - النوعية فى غذائها ، وهى فى مثل هذه الحالات عادة ما تختفى أيضا . لكن هذه الأنماط المتخصصة عادة ما تكون تحويلات عن أنماط أقل تخصصا أو مختلفة التخصص تبقى ولا تندثر . ان تخطيط نباتات المطر الاستوائية قد يسبب انقراض الكثير من الفراشات وأبى دقيقات - مثلا - وهى حيوانات تعتمد تماما على عشائر النباتات التى تحيا عليها . لكن اختفاءها لا يعنى اختفاء كل الفراشات وأبى دقيقات فى كل انحاء العالم . ومعظم الثدييات الصغيرة عالية التأقلم عموما ، وهى قد تزدهر أحيانا كما ازدهرت القوارض والثعالب ومجموعات أخرى عديدة عندما تحولت غابات المناطق المعتدلة الى أراض زراعية .

لأبد لنا إذن أن نعالج احتمال حدوث تحول ايكولوجى عظيم تسبب فى أن تواجه الحيوانات الأكثر تطورا والأكثر تخصصا ظروفا لم تستطع أن تتغلب عليها . وعلينا أن نقتصر فى المرحلة الحالية على أنواع التغير التدريجى ، والتغيرات الفجائية التى تنجم عن أسباب من خارج الأرض ليست بأقل ايكولوجية أو طبيعية .

الأغلب أن تظهر مثل هذه التغيرات أولا كتحويل فى الأساس الغذائى للنظام البيئى - نقصد البعض المعين من الكائنات الدقيقة والنباتات الخضراء التى تحول المركبات البسيطة الى مواد أكثر تعقيدا تحتاجها الكائنات العضوية التغذية (تسمى الكائنات التى تستطيع أن تصنع الغذاء الذى تحتاجه من المركبات البسيطة التى تحصل عليها من التربة

أو الماء أو الهواء باسم الكائنات بدائية التغذية ، أما الكائنات التي لا تمتلك هذه القدرة ويلزمها أن تتغذى على الكائنات الأخرى فتسمى الكائنات عضوية التغذية) . وقد يحدث التغير أيضا نتيجة حوادث في مواقع أخرى من دورة التغذية . فمثلا ، قد تتغير الكائنات الحية الدقيقة التي تحلل البقايا العضوية وتعيدها إلى جذور النباتات كمركبات بسيطة ، وقد تتدهور بعض المجاميع في الوقت الذي تزدهر فيه مجاميع أخرى ذات أنشطة بيوكيماوية مختلفة ، وقد يؤثر مثل هذا التغير في كيمياء المحاليل المائية للتربة الذي تعتمد عليه النباتات الخضراء ومعها كل الحيوانات ، أو قد يؤثر في تركيب الغازات التي تطلق إلى الجو . اننا نعرف أن مثل هذه التغيرات قد حدثت في الماضي ، فبين أيدينا سجلات عن آثارها . ولكن ، دعنا الآن نهتم فقط بالتغيرات بين النباتات الخضراء نفسها .

إذا ما فكرنا في التطور فإن تفكيرنا عادة ما ينصب فقط على تاريخ الحيوانات . فلأننا نحن من الحيوانات فإن اهتمامنا يتركز على أسلافنا . وإذا تصورنا شجرة تحاضر في مادة التطور ، فسيختلف الأمر ! يجب ألا ننسى أن النباتات قد تطورت ، وأنها لا تزال تتطور ، تماما كالحيوانات . وفي خلال العصر الطباشيري ، تميز التغير الأساسي في نباتات العالم ببزوغ وانتشار النباتات الزهرية الكاسيات البذور .

قد تظهر أنواع من النباتات جديدة خلال طريق التطور الطبيعي ، ولكن يصعب أن نتصور أنه ما أن ترسخ هذه الأنواع الجديدة في منطقة معينة حتى تنتشر بسرعة إلى المناطق المجاورة التي يسودها نباتات من أنماط جديدة . كل ما نحتاجه هو أن نفترض وجود ميزة واضحة بهذه النباتات الجديدة ، بجانب نوع من « قوة الدفع » الأيكولوجية ، يمكنها من أن تفرض نفسها . وهذا ليس بالأمر الصعب .

من بين أنواع كاسيات البذور نفسها يمكننا أن نفكر أولا في تطور تباينات في المسالك البيوكيماوية للتمثيل الضوئي . مثل هذه التباينات ترتبط أساسا بمدى استفادة النباتات من طاقة الضوء في التنفس . ثمة نباتات تسمى نباتات (سي ٤) لا تقوم بالتنفس الضوئي (لا تستخدم طاقة الضوء في التنفس) ولكنها تستطيع - بشكل أسرع من تلك التي تقوم بالتنفس الضوئي ، على درجات الحرارة العالية وشدة الضوء العالية - أن تقوم بالتمثيل الضوئي ، وبذا تنمو بشكل أسرع . وتوجد مثل هذه النباتات أساسا بين الحشائش الاستوائية - الذرة والذرة الصيفية وقصب السكر مثلا - ولكن ، لأننا نعتقد أن موقع التنفس هو بعض الخمائر المؤكسدة والحافزة بجسيمات مرتبطة بالغشاء (تسمى بيروكسيزومات) داخل السيتوبلازم بخلايا النباتات ، ولأن البيروكسيزومات توجد في بعض

أعضاء بعض العائلات دون البعض الآخر ، بل وحتى في بعض الأنواع وليس في أنواع أخرى تابعة لنفس الجنس - مثلا التريپليكس والبانيكوم (دغل الملح ، و جنس الأعشاب الذي يضم الدخن والكثير غيره من الأعشاب الاستوائية) - لهذا نستطيع أن نقول أنه من الجائز أن تكون هذه النباتات أكثر انتشارا . وإذا كان هذا صحيحا فإن تحول الجو إلى الدفء سيحاييها ، ويسمح لها بأن تمد تخومها على حساب منافسيها من النباتات .

هناك « مداخل » في حياة النباتات يمكن أن تصبح « عتلة » للتوسع . فالجفاف قد يزيل النباتات الموجودة على السطح ، كما يحدث في المناطق نصف الجافة الآن ، ومثله أيضا البرد الطويل أو الغمر الطويل بالماء . فلو أن أنواعا تطورت يمكنها أن تستغل مثل هذه المساحات المصابة عندما تتحسن الظروف ، بصورة أسرع من الأنواع « التقليدية » ، فربما أمكنها أن تشكل حاجزا كثيفا يستبعد منافسيها . إذا كان هذا ممكنا ، فكل ما نحتاجه هو فقط أن نفترض وجود مثل هذه الأنواع على مقربة ، بجانب فرصة ملائمة للاستعمار ، لكي يتغير نمط النباتات فوق المنطقة المصابة تغيرا جذريا ، وبسرعة كبيرة .

والحرائق التي تحدث طبيعيا في النباتات الجافة تزيل تقريبا كل النباتات الموجودة بالمنطقة التي تتأثر بها . وتحدث إعادة استعمار هذه المناطق عادة على مراحل ، إلى أن يظهر من جديد شيء قريب الشبه بالعشائر الأصلية . وحيثما تحدث الحرائق بانتظام - على فترات بينها عقد من السنين أو أقل - فإن التغير الايكولوجي قد يفيد نجاح تلك الأنواع الأكثر مقاومة للنار . وعلى سبيل المثال ، فقد شكلت أشجار الصنوبر الطويلة حاجزا كبيرا بهذه الطريقة ، فالشجرة نفسها تتكون من خشب كثيف مقاوم للنار ، كما أن بذورها هي الأخرى تعتبر مقاومة أيضا . بل أن هناك أنواعا من الأشجار تستغل ميزة تحملها للنار ، بأن تنتج نثارا وفيرا من الأوراق والأغصان ، شديد القابلية للاشتعال ، يكون عرضة للاشتعال تلقائيا تحت الظروف الجافة ، لتقوم النيران التي تشب بتخليصها من منافساتها . أيجوز إذن أن تكون بعض الأنواع قد أسرعت من تقدم كاسيات البذور ؟

دعنا نغنى مع هذا التأمل خطوة أبعد : هل من الممكن أن يكون ازدهار كاسيات البذور قد خلق ظروفًا تجعل الحرائق أكثر شيوعا ؟ إن هذا قد يحدث إذا كان لتركيز الأكسجين في الجو أن يزداد ، حتى ولو بنسبة ضئيلة . وهو قد يزيد إذا مضى التمثيل الضوئي بمعدل أعلى - ربما أثناء بزوغ النباتات الكاسيات البذور - وكذا إذا ما دفن الكربون

بدلاً من أكسده بالتحلل الطبيعي • فى أثناء تكوين الفحم يدفن الكربون بهذه الطريقة ، وفى مثل هذه الأوقات يزداد بالفعل تركيز الأكسجين بالجو ، وكلما ازداد الأكسجين فى الجو كلما ازدادت سهولة وضرارة احتراق المواد العضوية •

ازدادت بالفعل كمية الأكسجين فى الجو خلال جزء من العصر الطباشيرى • ولقد تركت النباتات المورقة سجلات تفصح عنها فى صورة حقول شاسعة من الفحم • وهذا أمر معقول من ناحية علم الحفريات • وقد يكون لما أنتجته من زيادة فى تركيز الأكسجين بالجو أثر فى زيادة خطر اشتعال النيران •

وهذا أمر مهم أيضاً من الناحية المناخية ، فعملية دفن الكربون تمنع التحلل المؤكسد الذى يعيد ثانى أكسيد الكربون الى الهواء • يقلقنا الآن احتمال أن يؤدى حرق الوقود الحفري - وبعضه نشأ خلال العصر الطباشيرى - الى إعادة ثانى أكسيد الكربون هذا مرة أخرى الى الجو ، الشيء الذى سيؤدى الى ارتفاع حرارة الجو من خلال ما يسمى بظاهرة الصوبة (وسنقوم بشرحها فى الفصل السابع) • وليس هناك من سبب جدى يدعونا للشك فى أن لكمية ثانى أكسيد الكربون فى الجو أثراً مباشراً على المناخ • والواقع أن فى مقدورنا أن نحسب تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو السائد فى أى زمن نريده فى الماضى ، ويمكننا بفحص نظائر الأكسجين أن نحسب درجة الحرارة • تحتوى الصخور الرسوبية على مركبات أكسجينية ، ويمكننا أن نأخذ منها العينات اللازمة ، كما نستطيع أن نأخذ بعضاً من لب الصخور ونقدر عمره ومنه يمكن حساب عمر العينات • وتبين نتائج مثل هذه القياسات والحسابات أن درجة حرارة الهواء ترتبط ارتباطاً مباشراً بمربع تركيز ثانى أكسيد الكربون • وعلى هذا نستطيع أن نقول أن دفن الأكسجين فى العصر الطباشيرى قد تسبب فى تدهور فى المناخ • وسنعود فيما بعد الى قضية أثر التغير فى الجو • علينا أولاً أن نفحص ما اذا كان حدوث تغير كبير فى أنماط النباتات سيؤثر فى الحيوانات التى تعتمد عليها فى التغذية •

فى بداية العصر الطباشيرى كانت النباتات السائدة تشمل الصنوبريات والسراخس والسيكاس والجنجو وغيرها من عاريات البذور - ولقد اختلف الكثير من هذه النباتات الآن ، ولكنها كانت قد رسخت تماماً على الأرض منذ الفترة الأخيرة من الحقب الباليوزوى • كانت قد أصبحت سائدة فى العصرين الترياسى والجوراسى ، وظلت هكذا طيلة معظم العصر الطباشيرى • بمعنى آخر : كانت الحياة الحيوانية فى العصر الطباشيرى قد تطورت فى عالم يزودها بغذاء من عاريات البذور •

أما النباتات الزهرية الحقيقية (مغطاة البذور) فقد كانت موجودة في بداية العصر الطباشيري - ويبدو أنها ظهرت أول ما ظهرت في منتصف العصر الجوراسي ، وربما في بدايته ، لكنها لم تكن شائعة . وهي لم تصبح شائعة إلا في منتصف هذا العصر ، وعلى نهاية العصر الطباشيري غدت هي السائدة في كل القارات ، وما زالت هكذا حتى الآن . هل من الممكن أن يكون التغير قد حدث فجأة ؟

إن الفارق الأساسي بين عاريات البذور ومغطاة البذور يكمن في طريقة التكاثر . فعاريات البذور تعطى مبايض كبيرة عارية وبذورا عارية ومغطاة البذور تعطى بويضات صغيرة محمية داخل مبيض ، وبذورا داخل ثمرة . ببساطة : تتكاثر مغطاة البذور بشكل أكثر كفاءة ، ونجاحها أمر لا شك فيه ، بغض النظر عما إذا كان هذا هو السبب . ولقد انتشرت بسرعة : فبعد أن كانت نادرة في بدء العصر ، أصبحت شائعة بعض الشيء على منتصفه ، ثم - وفي الخمسة عشر أو العشرين مليون سنة الأخيرة منه - احتلت تقريبا كل مواطن النباتات المتاحة . كان نجاح مغطاة البذور نجاحا ساحقا ، وكان بالمعيار الجيولوجي نجاحا مفاجئا . سمح تميزها الأول لها بأن تحتل المواقع المرتفعة ، ولكنها في نهاية العصر كانت موجودة في الوديان أيضا ، بل وسيطرت عليها .

أمن الممكن أن يكون لهذا التغير أثر معاكس على حياة الحيوان ؟ يمكن بالتأكيد . إننا نعرف اليوم أن عشيرة الثدييات ، وهي المتعددة الكفاءات تختلف كثيرا بغابات الصنوبريات (العارية البذور) عنها بغابات عريضات الأوراق (المغطاة البذور) . ولا يحتاج الأمر من الحيوانات الكثير من التخصص لتحصل على غذائها من نوع من النبات واتجد نباتات أخرى غير مستساغة ، أو حتى سامة . ونحن البشر الذين تطورنا بين النباتات مغطاة البذور - نأكل مغطاة البذور ، وتأكلها أيضا حيواناتنا الزراعية ، أما عاريات البذور فتزودنا بالأخشاب ، وبالمثليل جدا مما يمكننا أكله . لماذا نفترض أن الحيوانات آكلة الأعشاب في العصر الطباشيري كانت أفضل منا كفاءة في هذا المضمار ؟ وإذا ما كان نمط النباتات قد قلل من أعداد آكلات الأعشاب ، فإننا نتوقع أيضا أن تنخفض أعداد اللاحمات ، بسبب اختفاء غذائها .

إننا نعرف أن النمط النباتي قد تغير ، وأنه قد تغير بسرعة . والسؤال الذي يلزم أن نطرحه هو ما إذا كان هذا التغير قد تم سريعا بحيث يفسر كل هذا الانقراض العظيم الذي حدث في النهاية الأخيرة للعصر الطباشيري ؟ إن هذا يبدو بعيد الاحتمال . فحتى لو كان هذا التغير هو

السبب ، أو كان يشكل جزءا هاما من السبب ، فإنه يترك دون تعليل
اختفاء الأحياء البحرية التي لم تكن تعتمد على النباتات الأرضية .

ربما تكون تغيرات المناخ قد سهلت - ولو جزئيا - نجاح النباتات
المغطاة البذور . ولقد كان العصر الطباشيري عموما فترة أجواء
معتدلة . كان وجود الجليد - بفرض وجوده - أمرا غير شائع . لم تكن
ثمة قمم جليدية قطبية ، لم تكن ثمة أنهر جليدية . كان متوسط درجات
الحرارة في المناطق بين ٤٠ و ٥٠ درجة من خط الاستواء يزيد عن ١٠
درجات مئوية معظم هذا العصر . كانت نباتات جرينلاند والاسكا هي
النباتات النموذجية التي تربطها بالمناطق الباردة والتحت استوائية . كان
الجو في بدء العصر أبرد حقا ، ثم أن درجة الحرارة قد انخفضت عند
نهايته ، لكنها بالرغم من ذلك لم تنخفض أبدا عن الحرارة التي تعودنا
عليها اليوم . جاءت العصور الجليدية فيما بعد . ازدهرت الغابات
الكبرى ، ثم سقطت في المستنقعات ، وضغطت لتكون حقول الفحم . وهذا
يعنى أن المناخ كان رطبا على العموم .

كانت الظروف إذن مثالية لظهور غطاء أخضر وافر النماء ،
ولنجاح الحيوانات التي تتغذى عليه . كان المناخ المعتدل ملائما على
وجه الخصوص للحيوانات متغيرة درجة الحرارة ، فالحرارة لا تنخفض
أبدا إلى الدرجة التي تتطلب تدبيرات خاصة لضمان البقاء - كالبيات
الشتوي أو الهجرة - وهي أن ارتفعت للحد الذي يضايق ، فثمة ظلال
كثيرة بين النباتات ، وثمة مياه وفيرة للاستحمام .

بعد أن ذكرنا هذا ، يصبح من الضروري أن نقيده ببعض من
الحرص . ذلك لأن فكرة « متوسط درجة الحرارة السنوي » قد تكون فكرة
مضللة . فثمة مكان بداخله لتباينات محلية هائلة ، ومن الممكن داخل هذا
التباين أن يتدهور المناخ في المناطق بعينها فجأة وبحدة في الوقت الذي
يكون فيه الأثر بسيطا على المناخ ككل . وهناك من الأسباب ما يسمح لنا
بالفرض بحدوث مثل هذه الوقائع المحلية .

ما زالت القارات على العموم تحتل تقريبا نفس مواقعها على خطوط
العرض التي كانت عليها في العصر الطباشيري (كان التزحزح أساسا إلى
الشرق والغرب) . وكانت مساحة الأراضي الجافة في أوائل هذا العصر
أكبر منها الآن . ورويدا رويدا طغى البحر على الأرض فنقصت المساحة
الكلية للأرض الجافة على نهاية العصر . ولقد أدى المناخ المعتدل الرطب
إلى تآكل الجبال التي تكونت في العصر الجوراوي . وتكونت جبال
جديدة في بعض المناطق في أوائل الطباشيري بشمال أمريكا الغربي

وأوروبا واليابان ، وحدث ذلك أيضا وبشكل أكثر اثارة على نهاية العصر ، اثناء ثورة حركات تكوين الجبال قرب بداية الحقب الحديث (السينوزوى) تلك الثورة التى نتجت عن التحركات الكبيرة لقشرة الأرض لتتنشأ عنها جبال روكى ، ولقد صاحبها أيضا رفع عام للأرض بمناطق مختلفة وتكوين سلاسل جبلية أخرى . كان المحيط الأطلسي فى سبيله الى الانفتاح خلال العصر الطباشيرى وبذا كانت البحار فى سبيلها الى التغير أيضا ولعل أهم ما حدث فى نهاية هذا العصر هو انفتاح بحر طويل ضحل فى قلب أمريكا الشمالية يربط خليج المكسيك بالمحيط المتجمد الشمالى ، وكذا انفتاح ذراع بحرى ضحل امتد فى قلب أفريقيا ليربط بحر تيثيز (بقايا المحيط الذى كان يفصل يوما القارات الشمالية عن الجنوبية) بجنوب المحيط الأطلسي .

لابد أن مثل هذه التغيرات قد أثرت فى المناخ محليا ببعض المناطق . ان التغير فى تيارات المحيط عندما انفتحت اذرع جديدة تربط بحارا كانت قبل منفصلة لابد أن يتسبب فى وصول تيارات باردة ودافئة الى مناطق لم تتعود عليها ، ولما كانت ملوحة البحار جميعا ليست واحدة ، فربما تغيرت الملوحة أيضا ، الشيء الذى قد يؤثر فى الكائنات البحرية . ان علماء المناخ - حتى فى أيامنا هذه - لا يستطيعون أن يحسبوا بدقة وبتفصيل الأثر الذى تسببه حرارة المحيطات على كتل الهواء ، وبالتالي على المناخ . لا أحد يشك فى وجود مثل هذا الأثر وفى أن له أهمية قصوى . اذا ما تغير توزيع الماء البارد والدافئ فلابد أن يتبعه تغيرات فى المناخ - وإن كان علينا أن نتذكر أن الفارق بين حرارة الماء الدافئ والبارد فى العصر الطباشيرى المعتدل الخالى من الجليد ، كان أقل منه اليوم .

يؤثر ظهور الجبال على المناخ بطرق ثلاث . فلأن تكوين الجبال يعنى رفع أرض فوق المستوى الذى كانت تشغله من قبل ، فانه يتسبب فى نشأة أوضاع جديدة . فالجبال نفسها ستؤثر فى حركة الكتل الهوائية ، لتخلق أماكن مستورة عن المطر ، على جوانبها المحجوبة عن الريح ، وظروفا أكثر رطوبة على جوانبها الأخرى . كما أن عملية بناء الجبال نفسها لابد أن يصحبها نشاط بركانى متزايد ، الشيء الذى ينتج عنه تطاير الغبار والجسيمات الصغيرة فى الغلاف الجوى ، مما قد يسبب خفضا فى الحرارة ، وإن كان الأغلب أن يتسبب فى زيادة الحرارة . وربما كانت مثل هذه التغيرات هى السبب فى تدهور المناخ الذى وسسم الجزء الأخير من العصر الطباشيرى ، أو ربما ساهمت فى ذلك . ولقد رأينا أن هذا التدهور فى حد ذاته لم يكن خطيرا ، فالتدهور الحقيقى قد حدث بعد ذلك بفترة طويلة .

فى مناقشتنا لأثر التغير فى المناخ على الكائنات الحية ، لا يصح أن نغفل الأسباب المحتملة للتغير المناخى ذاته • فنحن لا نستطيع أن ندعى بالآ علاقة لها بالموضوع ، ذلك أنه من المحتمل أن تكون الواقعة الفجائية نفسها - والتي نفترضها كبديل معقول للتغير التدريجى الذى يؤدى الى الانقراض - أن تكون قد أحدثت تغيرا فى المناخ - فجائيا •

وليست تغيرات المناخ هى السبب الوحيد الممكن لتدهور الموطن ، فإذا ما كانت مساحات البحار قد ازدادت ، فلنا أن نفترض أن هذا قد تم باغراق الأراضى الواطئة ، التى قد يكون معظمها مستنقعات • ومثل هذه العملية قد تحطم مواطن الكائنات التى تفضل العيش بالمستنقعات ، كما ستختفى مواطن أخرى بازدياد تعدى البحر على اليابسة •

هل أدى تحطيم الموطن الى الانقراض ؟ من المحتمل أنه قد أدى فعلا الى بعض الانقراض ، فقد تقاسى الحيوانات التى تقضى جزءا من حياتها فى المياه الضحلة • لكن هذا لا يحدث إلا اذا افترضنا أن تعدى البحر كان مفاجئا ، وأنه وصل بسرعة الى أراض شديدة الانحدار ، بحيث تختفى المياه الضحلة تماما ، ولا تتحرك تدريجيا من موقع الى آخر • ربما حدث مثل هذا التحطيم السريع فى بعض المواقع ، لكن الأغلب أنه كان تدريجيا فى معظم المناطق •

حدث رفع الأرض - هو الآخر - تدريجيا • ونحن نعرف ذلك من خبرتنا • فجبال أواسط آسيا - كجبال كاراكورام - ما تزال تدفع الى أعلى ، لتضم الأراضى الى جنوبها الى كتلة الأراضى الآسيوية الرئيسية • وعملية بناء الجبال هذه مستمرة منذ ملايين السنين • وقد يكون هذا أمرا فجائيا بالمصطلحات الجيولوجية ، ولكنه بمصطلحات الكائنات الحية أمر تدريجى ، أبطأ من أن يلاحظ • كيف تستجيب الحيوانات طبيعيا للتدهور البطيء فى ظروف حياتها ؟ بالهجرة ، بحثا عن ظروف أفضل فى مواقع أخرى • ومثل هذه الهجرة - بالطبع - ليست بحثا متعمدا ، إذ تنحو الأفراد ومجاميع الأفراد الى التركز فى أفضل المناطق المجاورة ظروفًا ، لتوسع من مواقعها حيث تسمح الظروف • أنها لا تنقرض إلا اذا اختفت منطقة الموطن ولم تجد فى جوارها مكانا ملائما • أن المفتاح يكمن فى المعدل الذى تتغير به البيئة •

وحتى هذا ، يصعب علينا منه أن نتخيل العملية قادرة على أحداث الانقراض فى مجموعة كاملة من الأنواع • أن تحطيم موطن معين قد يزيل الأنواع التى تعيش به ، فإذا لم نفترض أن هذه الأنواع محصورة تماما داخل هذه المنطقة الجغرافية وحدها ، فسيستمر بقاؤها فى مواطن

أخرى بمواقع أخرى من العالم . قد نتصور مثلاً أن تجفيف الأراضي الساحلية المبتلة في ماليزيا سيحطم غابات المنجروف ، وبالتالي ستقرض الأنواع التي تعتمد على ظروف هذه الغابات . فهل الآلية التي ستجفف هذه الأراضي المبتلة ستجفف أيضاً الأراضي الساحلية المبتلة في كل آسيا الاستوائية ؟ هل ستجفف الأراضي الساحلية المبتلة التي تهيء ظروفاً مشابهة في أفريقيا الاستوائية وأمريكا الاستوائية ؟ إذا كان لأشجار ابن سينا (المنجروفية) أن تندثر فلا بد أن تعمل العوامل المسببة لانقراضها على مستوى الكرة الأرضية لتعطى نفس النتائج في كل مكان . إن أكبر تغير نعرفه في المناخ – غير العصر الطباشيري ، طبعاً – هو التحولات الرئيسية إلى الجليد ، ولكن ، حتى هذه لم تسبب ذلك . لقد قضت على أنواع عديدة من مناطق شاسعة على خطوط العرض العليا ، لكن هذه الأنواع استمرت باقية ، بالرغم من صغر عددها ، على خطوط عرض أدنى ، لتعود فتستعمر مناطقها الأصلية عندما تراجع الجليد .

غير أن التغير السريع محتمل . ولقد رأينا أن ثمة تغيراً سريعاً يحدث في وقتنا الحالي – أساساً نتيجة للنشاط البشري ، بمعدل سيعتبره بعض علماء الحفريات في المستقبل معدلاً فورياً . وسيكتشف الحفري أيضاً التغيرات البيئية الهائلة التي سببت الانقراض . أما في حالة الانقراضات التي حدثت بالعصر الطباشيري فسنواجه بأدلة هي على أفضل الحالات غامضة . ربما كان هناك انقراض بسبب التنافس . والمؤكد أن قد حدثت تغيرات بيئية . المؤكد أن المناخ قد تغير ، حتى ولو كان التغير ضئيلاً على مستوى الكرة الأرضية . لكننا بعد ما نجد التبريرات المعقولة للانقراضات التي حدثت على طول العصر الطباشيري، سيظل الانقراض الفجائي باقياً أمامنا دونما تبرير .

على أننا في النهاية لابد أن نعالج احتمال حدوث تغير بيئي ضخم كان سريعاً وقصيراً – ربما اصطحب معه تغيرات مناخية . دعنا نفترض مثلاً أن شدة الأشعاع الشمسي الذي يتلقاه سطح الأرض قد انخفض فجأة قليلاً ، لمدة عشر سنين أو حتى أقل . سينتج عن هذا انخفاض هائل في الميثيل الضوئي ، ونحن نعرف أن الانخفاض الطفيف في درجة الحرارة الذي حدث في نصف الكرة الشمالي بين الأربعينات والستينات من هذا القرن قد قلل نحو عشرة أيام من طول موسم نمو نباتات المحاصيل على خطوط العرض العليا . فإذا ما افترضنا اضلالاً أطول كثيراً ، فإننا نتوقع أن يتزايد الأثر بالتناسب . سيموت الكثير من النباتات لقلة الطاقة .

فإذا استمر الاظلام فترة كافية ، فستموت البذور الساقطة على الأرض .
قد تنقرض نباتات • ويكاد يكون من المؤكد أن العواشب الكبيرة – التي
تحيا على هذه النباتات – ستقاسى ، ومن خلال هذه الحيوانات ستقاسى
بدورها اللواحم •

لكن هذا الجدل يخلق لنا صعوبة طفيفة هنا • ان مغطاة البذور
الحديثة توجد على طول العالم وعرضه ، ولكن عاريات البذور الباقية
تترعرع أكثر ما تترعرع فى الغابات الصنوبرية بخطوط العرض العالية،
حيث الشتاء طويل وبارد • وفى اثناء عصور التلج رسخت الغابات
الصنوبرية على خطوط العرض الدنيا ، لتمتد أحيانا حتى المناطق
الاستوائية • ولذا فربما توقعنا أن أى انخفاض واضح فى شدة ضوء
الشمس سيؤدى الى محاباة عاريات البذور • غير أن مغطاة البذور هى
التي بقيت • أضف الى ذلك أنه إذا ما كانت حيوانات العصر الطباشيرى
مكيفة أساسا لأكل النباتات عارية البذور – ولا بد وأن كانت كذلك – فإن
عودة تلك النباتات نفسها سيكون فى صالح الحيوانات • كان المفروض
أن تنقرض الثدييات !

ربما استطعنا أن ننقذ أنفسنا من هذه الورطة • لو أن انخفاض
شدة ضوء الشمس كان هائلا فعلا ولكنه كان قصيرا ، إذن لتمكنت بذور
مغطاة البذور من البقاء حية لتنبت عندما يتحسن الجو ، بينما لا تجد
بذور العاريات أى ميزة ، لأن هذه الظروف المؤقتة ستكون مستحيلة تماما
بالنسبة لنمو النباتات •

لكننا مع هذا نفترض آلية عن طريقها تنتثر فى الغلاف الجوى كميات
هائلة من الجسيمات • اننا نفترض فى الحقيقة وقوع حادثة رهيبه كانت
لها آثار الكارثة • لقد هجرنا النظرية التدريجية •

ان نظريات التدريجين المرتكزة على تغيرات المناخ وما يتبعها من
اضطراب ايكولوجى تنهار فى النهاية أمام حقيقة أن العصر الطباشيرى
كان خاليا من التلج • من الجائز أن يكون المناخ قد تدهور ، لكن التدهور
الحقيقى الخطير لابد أن يتضمن تحول مقادير ضخمة من الماء من الحالة
السائلة الى الحالة الجامدة : من السائل الى الثلج • وهذه ظاهرة لها
قوة استرجاعية ايجابية • تعكس الثلوج ضوء الشمس ، فلها إذن اثر
مبرد ، يؤدى الى زيادة كمية ما يتكثف ويسقط كتلج ، وهذا بدوره يزيد
من المساحات التى تعكس أشعة الشمس ، فتتسارع بذلك العملية • اننا
نعرف الكثير عن آثار التلج الحديثة • فإذا كان ثمة اثر للمناخ يؤدى
الى الانقراض فلا بد أن يعود الى هذه التلجات لأنها أكثر التغيرات المناخية
الطبيعية اثرا وسرعة • والحقيقة أن عدد الأنواع التى انقرضت كان

محدودا جدا ، بالرغم من أن الكثير قد دفع بعيدا عن المناطق التي يحيا بها ، من موت أعداد كبيرة من الأفراد ، لأن المناخ الدافئ كان مقصورا على خطوط العرض الصغرى . فإذا لم نفترض بأن التثليج قد مضى ليصل حتى خط الاستواء ، فستوفر المناطق الاستوائية مواطننا تكفى لايواء عشائر من معظم الأنواع ، فإذا ما تحسنت الظروف مرة أخرى فيما بعد ، فستعمل هذه العشائر كنوايا للتكاثر ، تنتشر لتستعمر مواطن جديدة .

يبدو إذن أنه بينما نستطيع أن نعزو الكثير من الانقراضات التي حدثت خلال العصر الطباشيري الى أسباب تدريجية ، إلا أن مثل هذه الأسباب لا يمكنها أن تفسر على نحو مرض كل ما حدث من انقراضات ، وعلى وجه الخصوص فهي لا تستطيع أن تفسر الانقراضات الجماعية التي حدثت في نهاية العصر وتحدهه - وتذكر أنها لم تكن مجرد انقراض للزواحف وإنما انقراض كثير من الأنواع .

وأخيرا فإن التفسيرات التدريجية تعجز عن تبرير الشذوذ الكيماوي في صلصال التخوم . والحقيقة أنه لا يلزمها أن تبرره ، لأنه إذا ما ثبتت صحة التفسير التدريجي ، فمن الممكن أن نفترض آلية تبرر ترسيب المواد بكميات وفيرة ، من مصدر من خارج الأرض لم يسبب أية كارثة . لو أن جسما تحلل مثلا في المناطق العليا من الغلاف الجوي الأعلى ، فربما كان في مقدوره أن يضع الكمية المطلوبة من المادة في الغلاف الجوي لتسقط - ربما بسرعة - وتكون طبقة متميزة على سطح الأرض ، وتغوص في البحار لتكون طبقة متميزة مشابهة في رسابة قاع البحر .

ثمة لطمة واحدة أخيرة - مدمرة ، يصعب على جدل التدريجين أن يبرأ منها . إذا ما انقرض نوع فأننا نتوقع إما أن تختفى تماما المناطق التي كان يحيا بها، فلا تحتلها أنواع أخرى، أو أن يحدث فراغ ايكولوجي، يمتلئ بتزايد الأنواع الموجودة أو بأنواع جديدة التكوين . ولقد تكونت أنواع جديدة حلت محل القديمة في حالة الانقراضات التي حدثت بالعصر الطباشيري . ولا بد أن يتوازى معدل الاستبدال - تقريبا - مع معدل اختفاء الأنواع القديمة . ولقد نفترض بأن الوضع قد مضى هكذا في نهاية العصر الطباشيري وبداية الحقب الثالث . لكن ما نلاحظه عند فحص الشواهد هو تدهور سريع في أعداد الأنواع عند النهاية الأخيرة للعصر الطباشيري ، يتلوها تزايد له نفس السرعة في عدد الأنواع الجديدة في مطلع الحقب الثالث .

إن هذا يقترح بقوة أن الانقراضات الطباشيرية كانت هائلة ، فجائية، سببتها حادثة عارضة وقعت ، أعادت المناطق التي فرغتها من الكائنات لتمتلئ ثانية . إننا نتلخص في الحقيقة نتائج كارثة .

الفصل الرابع

السحب والمذنبات والنيازك

هل خدعنا أنفسنا ؟ هل من الممكن أن يكون انقراض كل هذه الأعداد الغفيرة من الأنواع بنهاية العصر الطباشيري قد حدث نتيجة عملية تدريجية ؟ لا يجب أن نخطئ فنفترض أن الأسباب التدريجية لا تستطيع أن تنتج آثارا فجائية ، فالحقيقة أن في مقدور دارسي نظرية الكارثة أن يقدموا المثال تلو الآخر يثبتون به عكس هذا .

يمكن أن نلخص كل أمثلتهم - بطريقة غير علمية على الإطلاق - بقصة القشة التي قصمت ظهر البعير . لعلك تتذكر القصة ، كان الحيوان الصبور محملا بأثقال فوق الأقال - وكان الحمل يتراد تدريجيا بمقادير ضئيلة ، إلى أن وصلنا مرحلة كانت إضافة قشة واحدة - ووزنها أقل من أي مما حزم فوقه - كافية كي تقصم الظهر . لم تتغير العملية التدريجية، لم تتغير شدتها ، ورغم ذلك فقد تسببت بعسد مرحلة معينة في كارثة مفاجئة . ربما كان هذا المثال خياليا ، لكن العالم من حولنا يقدم من الأمثلة الكثير مما هو ليس كذلك . أن انهيار جسر نتيجة إجهاد بحمله صابرا سنين طويلة لا يختلف عن انهيار الجمل التعيس . أن هذا يمكن أن يحدث . بل أنه يحدث .

هل حدث هذا على نهاية العصر الطباشيري ؟ اننا لا نعتقد ذلك . اننا نعتقد أن الأثر الفجائي قد نجم عن مسبب فجائي . أما سبب اعتقادنا هذا فلا يرجع إلى اننا لا نحب أن نعزو الآثار الفجائية للأسباب التدريجية، وانما لأننا لا نجد آلية تدريجية يمكن أن تكون فعالة في ذلك الوقت وتكفي كي تبرر النتيجة تبريرا معقولا . ربما لم يكن هذا وحده سببا كافيا لاقتناعنا - فنحن على أية حال لا نستطيع أن نعرف كل ما كان يحدث في العالم منذ ملايين عديدة من السنين . أن الذي دفعنا إلى أن نهمل النظرية التدريجية في النهاية هو أن الأسباب الفجائية تبدو أكثر معقولة .

لا ولا نحن نفترض أن الجميع يشاركوننا هذا الاقتناع ، بل وليس هناك حتى اجماع عام بين الحفريين على حدوث عدد كبير من الانقراضات على نهاية العصر الطباشيري . ثمة اضافات يلزم أن نذكرها عن شواهد الأحافير .

يصر بعض الحفريين على أن الشواهد على الانقراض الفجائي هي مجرد شواهد عرضية واهية . ولقد لخص هذه النظرة توماس ج . م . شوييف (سنة ١٩٨٠) وهو واحد من كبار الثقة في هذا الموضوع ، كما يعضدها ج . دافيد أرشيولد (سنة ١٩٨١) . هم يقولون أن الحيوانات البحرية التي تأثرت كانت هي تلك التي تعيش في المياه العليا ، قريبا من السطح ، وأن الانقراض كان أقسى ما يكون في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، مقارنة بالمناطق المعتدلة . وهذا يشير إلى أن الأنواع البحرية قد تصطمت بسبب تغير ضخم في المياه السطحية في تلك المناطق . ولقد كان الكثير من هذه الأنواع - كالامونايت - يتدهور منذ فترة ، وبذا تصبح حقيقة حدوث الانقراض في العصر الطباشيري الحديث - وليس في طبقات الحقب الثالث القديم - تصبح ولا علاقة لها بالموضوع : فلابد وأنها كانت ستنقرض في نهاية الأمر . وعلى أية حال فإن حقيقة عدم عثورنا على أية أحافير للامونايت بعد العصر الطباشيري لا تثبت عدم وجودها بعد نهايته منذ ٦٥ مليون سنة مضت ، فربما لم تحفظ بقاياها ، وربما حفظت في صخور لم نفحصها بعد . صحيح بالطبع أن غياب الامونايت في طبقات الحقب الثالث لا تثبت أنها لم تحيا بعد العصر الطباشيري ، إلا أنها لا تثبت أيضا أنها قد عاشت بعده .

أما بالنسبة للزواحف الأرضية فالمعتقد أن الانقراضات كانت قاصرة على مناطق النهر وسهول الفيضان ، قريبا من النهر الضحل الذي كان يقسم شمال أمريكا ، إذ يفترض أن مستوى النهر قد انخفض نحو مائة متر ، الشيء الذي تسبب في تجفيف المواطن المبتلة لتحديث تغيرات واسعة - وأن كانت محلية في المجتمعات النباتية (الفلورة) ، وليجعل المناخ موسميا بشكل أوضح . فيجتمع هذا كله ضد الحيوانات الضخمة التي تحتاج مساحات شاسعة من الأرض كيما تقيم حياة عشيرة تكاثرها . وعلى هذا ، فنحن هنا نتعامل مع لا شيء أكثر من اندثار عشرين نوعا أو نحو ذلك ، كانت على أية حال حبيسة منطقة بعينها .

لكن جدل التدريجين يعجز عن الاقتناع . أن التغير الكبير في المستويات العليا من البحار الاستوائية وشبه الاستوائية يحتاج إلى تبرير . والواضح أن هذا التغير قد حدث فجأة . والحق أنه يتوافق جيدا مع

الأثر الذى نتوقعه من زيادة فجائية فى شدة الاشعاع المؤين أو الفوق بنفسجى (الاشعاع المؤين اشعاع كهرومغناطيسى - يشبه الضوء أو الحرارة - به من الطاقة ما يكفى لاقلاق تركيب الذرات فتفقد أو تكتسب بعض الالكترونات ، لتكتسب بذلك شحنة موجبة أو سالبة ، وهذا يسرع من تفاعل الذرات مع بعضها ، وقد يتلف كيمياء الخلايا الحية) • هذا الاشعاع قد يحطم اذن البلانكتون النباتى أو الفيتوبلانكتون (النباتات المعلقة فى الماء) التى تعيش قرب السطح - وربما معها أيضا الكثير من البلانكتونات (النباتات والحيوانات الصغيرة التى تعيش بالطبقات العليا من البحار والبحيرات) • وكل ما يقتل البلانكتون النباتى على نطاق واسع سيظهر صداه خلال شبكة الغذاء المائى كله ، وسيحدث الصدى بسرعة رهيبية حقا •

والبلانكتون النباتى على أية حال هو النباتات الخضراء التى تحيا بالماء ، وتتغذى عليها العواشب ، لتغذى بدورها اللواحم من كل صنف فى مجموعة من العلاقات هى أكثر نشاطا فى البحر عنها فى أى مكان على اليابسة • وتكتمل الشبكة بأنواع أعماق المحيط التى تحيا تحت المستوى الذى ينفذ اليه الضوء • وشبكات غذائها تعتمد على ما يصل فى صورة مواد تتدفق من طبقات الماء العليا • ثمة آثار موازية قد تحدث بين الأنواع التى تعيش على اليابسة •

اننا نتوقع آثارا جانبية لأية واقعة تكون نتائجها من العنف بحيث تؤدي الى انقراض الكثير من الأنواع • من بين هذه الآثار الجانبية هناك التغير فى التوازن بين الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الجو • لو أن موت البلانكتون النباتى قد صاحبه موت الكائنات الدقيقة التى تحلل المادة العضوية بالأكسدة ، أو لو أن هذه الكائنات قد نجت فى بادىء الأمر ثم غمرها حجم المواد التى تواجهها فتزايدت أعدادها حتى لتصبح المياه التى تحيا بها وقد نضب منها الأكسجين ، اذن لكنت النتيجة هى أن يدفن الكربون لتتزايد نتيجة لذلك كمية الأكسجين فى الهواء • سيكون لهذا آثاره على المناخ ، كما رأينا •

علينا ألا ننسى أبدا أننا سنجد فى بحثنا عن حلول لحوادث تؤثر فى النباتات والحيوانات عديدة الخلايا ، أن الكائنات وحيدة الخلية هى - فى التحليل الأخير - من ينظم البيئة • هى قد لا تترك سجلات خلفها ، لكن هذا لا يقلل من أهميتها ، أما الآثار التى يمكن ملاحظتها فقد تكون ناتجة عن تغيرات بين العشائر الدقيقة نجمت عن أسباب قديمة فإتينا أن نلاحظها •

لو أن الزواحف الكبيرة عاشت وانقرضت فقط في جزء من شمال أمريكا ، إذن لمضد جدل التدريجين • لكن ، هل هذا صحيح ؟ يقول اس • رومر في كتابه « علم حفريات الفقاريات » سنة ١٩٦٦ (الذي يعتبر المرجع الرئيسي في هذا الموضوع) يقول انه من بين الكارنوصورات التي عثر على بقاياها في طبقات العصر الطباشيري الحديث هناك أجناس عديدة عثر عليها في شمال أفريقيا وفي شرق آسيا وجنوبها وجنوب أمريكا • والكثير من هذه الأجناس قد عثر عليه أيضا في شمال أمريكا • لكن ليس ثمة من سبب يدعونا للفرض بأن وجودها كان يقتصر على هذه القارة • ولا يحتاج الأمر منا أن نفحص مجاميع أخرى من الزواحف ، لأن وجود الكثير من اللواحم الرئيسية إنما يعنى وجود العواشب التي عليها تتغذى •

علينا أن نتفحص مختلف الأسباب المحتملة لواقعة فجائية • ثمة أسباب عديدة ، لكل منها - في الأوقات المختلفة - حوادث ملازمة • وكلها يتطلب تدخلا من خارج الأرض ، الا واحدا قد يبدو أنه لا يتطلب مثل هذا التدخل • وسنفحص هذا أولا •

من المعتقد أن اللب الداخلي للأرض يتكون من حديد مصمت مع بعض النيكل ، أما اللب الخارجي الذي يغلفه فهو مكون أساسا من الحديد • واللب الخارجي أقل كثافة من الداخلي ويعتقد أنه مصهور - وإن كان الفارق بين الكثافتين أكبر من أن يعزى الى مجرد الاختلاف بين كثافتى المعدن المصهور والمصمت • تتسبب الحرارة المولدة داخل اللب في تحركات معقدة للحمل الحرارى باللب الخارجى ، يفذيها دوران الأرض • كما تسبب مباشرة الأرض تحركات دوارة في اللب الخارجى • وإذا ما كانت الأسباب معقدة فإن التحركات - التي لا نستطيع أن نلاحظها ملاحظة مباشرة - ستكون بالطبع أكثر تعقيدا - وإن كنا نعرف آثارها • من المعتقد أن اللب الداخلي والخارجي سويا يكونان نوعا من الدينامو الذاتى التنشيط ، ينتج مجالا مغنطيسيا • لكن الأرض ليست مغنطيسيا مستديما ، وهي لا يمكن أن تكون كذلك ، لأن الحرارة داخل اللب تتعدى نقطة كورى - وهي درجة الحرارة التي يفقد عندها المعدن خصائصه المغنطيسية • والمجال المغنطيسى الذى تصدته يتباين كثيرا في الشدة والاتجاه على المدى الزمنى الطويل • كما أن شدته على السطح تختلف من مكان الى آخر •

عندما تصل الى السطح مادة الوشاح (وهي المنطقة تحت قشرة الأرض) وتتصلب لتكون الصخور النارية ، فإنها تسجل اتجاه المجال المغنطيسى للأرض عند التصلب • فالحرارة في باطن الوشاح تحفظ على

درجة أعلى بكثير من نقطة كوري الخاصة بها - وهذه فى حالة الصخر المغنطيسى منخفضة فعلا . فإذا ما وصلت سطح الأرض بردت وتصلبت ، ويتقدم تبريد الصخر الصلب تصل الحرارة الى نقطة كوري فتصف الذرات نفسها داخل الصخر تبعاً للمجال المغنطيسى الذى تجسّد نفسها فيه . وبازدياد برودة الصخر تفقد الذرات بالتدريج حرية الحركة ليحتفظ الصخر فى النهاية بترتيب الذرات داخله ، مسجلاً بذلك اتجاه المجال المغنطيسى وقت التبريد . ومن الممكن تحديد هذا الترتيب بفحص الصخور، اذا وضعنا فى الاعتبار تحركات القشرة التى قد تغير من المواقع الأصلية التى كانت بها الصخور عندما بردت .

من سنين قليلة مضت كان الجيولوجيون يفحصون الصخور فى وسط الاطلنطى ليدرسوا الطريقة التى يتسع بها قاع البحر ، فاكتشفوا أن الترتيب المغنطيسى داخل الصخور يختلف باختلاف بعدها عن الحيد المرحزى ، ثم توصلوا الى أن قطبية المجال المغنطيسى للأرض كانت تنقلب على فترات غير منتظمة فى تاريخ الأرض : فيصبح الشمال المغنطيسى جنوباً والجنوب شمالاً . فى مقدورنا أن نحدد عمر الصخر بالراديو متر (الذى يقيس نسبة عناصر مشعة معينة الى ما تتولّى اليه - عند الاضمحلال - من عناصر) وبدأ أصبح من الممكن أن نعرف تاريخ الانقلابات فى المجال المغنطيسى . والانقلابات نفسها ليست فورية - فالمغنطيس لا « يتشعلب » - ولكنها تتم بسرعة كبيرة ، خلال فترة تبلغ ألف سنة أو ألفين .

لكن معظم الأبحاث المفصلة على انقلاب المجال المغنطيسى قد تمت باستخدام عينات من صخور عمرها أقل من ٦٥ مليون سنة ، وبذا فهى لا تخدمنا كثيراً . غير أنه قد أمكن كشف صورة عامة لتاريخ الأرض المغنطيسى تشير الى أن هذه الانقلابات تحدث دائماً فى دفعات ، إذ يحدث البعض منها على فترات بينية قصيرة (جيولوجيا) ، ثم يمر وقت طويل دونما انقلاب . والمعتقد أن أواخر العصر الطباشيرى كانت فترة انقلابات، لكن فحص صلصال التخوم وصخورها - على كلا الجانبين - يشير الى عدم حدوث انقلاب على نهاية العصر الطباشيرى بالتحديد .

ما هى النتائج على سطح الأرض التى قد يؤدى اليها انقلاب المجال المغنطيسى ؟ يتلاشى المجال المغنطيسى تماماً أثناء حدوث الانقلاب ، والمفترض أن يتم هذا التلاشى بسرعة ليقيم نفسه مرة ثانية بسرعة . يفترض البعض أن المجال المغنطيسى يشكل حاجزاً يحمى سطح الأرض من وابل يسقط عليها من الجسيمات الكونية المشحونة - من الرياح الشمسية - وأنه فى غياب هذا المجال قد يصبح هذا الوابل كثيفاً .

غير أن الحقيقة هي أن أثر المجال المغنطيسي - الذى يمتد بعيدا فى الفضاء ليشكل المغنيطوسفير - أثر أكثر تعقيدا ، كما أن معظم الوقاية من الرياح الشمسية إنما تأتى من الغلاف الجوى العساذى الذى يوجد بعيدا تحت المغنيطوسفير ، وليس عن المغنيطوسفير نفسه . وسواء انحرف الجسم المشحون بسبب المجال المغنطيسى أو لم ينحرف ، فإنه من الضرورى كى يصل الى سطح الأرض أن يكون منطلقا بسرعة رهيبية للغاية . ولابد قبل أن يصل سطح الأرض أن يصطدم بالكثير من جزيئات الغاز ، مرتدا من واحد منها الآخر ، حتى لو كان منطلقا بسرعة أكثر تواضعا ، ليفقد قدرته على اتلاف الخلايا الحية . وعلى هذا يبدو أن فقدان المجال المغنطيسى لن يكون له الا أثر معاكس ضعيف على كوكب يغلفه غلاف جوى (لن يكون الأمر كذلك بالنسبة لكوكب بلا غلاف جوى) .

اقترح مرة أن من بين آثار فقد المجال المغنطيسى استنزاف طبقة الأوزون فى المناطق العليا من الغلاف الجوى ، إذ أن هذا يسمح بزيادة تشعيع سطح الأرض بالأشعاع فوق البنفسجى . والأشعاع فوق البنفسجى - الموجود على النهاية ذات التردد العالى من الطيف - أشعاع خطر بالنسبة للحياة لأنه يتلف الخلايا الحية . لكن معظم العلماء قد تخلوا عن هذه الفكرة لسببين .

أولهما : أنه بتحسّن تفهمنا لكيمياء الستراتوسفير (الطبقة العليا من الغلاف الجوى) أصبح من الواضح أن وهج الانفجارات الشمسية ليس له الا أثر ضعيف على التفاعلات التى تتضمن تكوين وتحطيم الأوزون .

وثانيهما : أن الآثار البيولوجية للأشعاع فوق البنفسجى قد بولغ فيها كثيرا . فنحن نعتقد مثلا أن الكائنات الحية فى التاريخ المبكر للأرض، قبل أن يثرى غلافها الجوى بالأكسجين - أى قبل أن تتكون طبقة الأوزون بفاعلات تتضمن الأكسجين - كانت تستعمر أجزاء من سطح الأرض ، كما كانت الحياة وفيرة فى الطبقات العليا من مياه البحر . ان قدرة الأشعاع فوق البنفسجى على الاختراق ضعيفة ، خصوصا فى الماء ، ولكن يبدو أنها لم تسبب أى اطلاق كبير للكائنات وحيدة الخلية التى كانت تعيش آنئذ فى مناطق لبد وانها كانت معرضة لها ، وأن ثمة مركبات معينة - كانت موجودة بوفرة فى ماء البحر - كانت تمتص هذه الأشعاعات بكفاءة .

إذا كان فى استطاعة الكائنات الحية أن تحمى نفسها من الآثار الضارة للأشعاع فوق البنفسجى ، أفلا يمكن أن يكون هذا الأشعاع برغم ذلك مؤذيا للنباتات والحيوانات عديدة الخلايا ؟ أفلا يمكن مثلا أن يخفض

من انتاجية البلاكتون النباتى البحرى أو النباتات على اليابسة؟ بصراحة، نحن لا نعرف ، ولكن ذلك محتمل . فبالرغم من وجود « حدود امان » للكائنات الحية تسمح لها بتحمل تغيرات البيئة التى تتجاوز المقادير الصغيرة من التقلبات المألوفة ، فليس هناك من سبب يدعونا للفرض بأنها تستطيع تحمل التغيرات الضخمة التى لم يسبق أن تعرضت لمثلها اثناء خبرتها التطورية . وعلى هذا فان الزيادة الطفيفة فى شدة الأشعة فوق البنفسجية قد لا تسبب ضررا خطيرا ، كما أن زيادة أكبر قد تسبب أيضا اذى محدودا اذا ما استمرت فترة قصيرة جدا من الزمن ، لكن زيادة كبيرة طويلة المدى قد تكون مدمرة حقا . وإذا ما حدث مثل هذا الدمار فى النباتات ، فاننا لا نحتاج الى الاهتمام بالآثر المباشر لتعرض الحيوانات للإشعاع ، فحتى لو نجت من الأثر المباشر فلن يمكنها تجنب نتائج تغير كبير فى قدر الغذاء المتاح .

ونحن نقلل من أهمية هذا الخطر لا بسبب أنه ليس ثمة ظروف يكون فيها الإشعاع فوق البنفسجى ضارا ، وانما أساسا لاقتناعنا بأن الآلية التى يفرض أن تصل بها الأشعة الى سطح الأرض ليست مقبولة : فهذه الآلية لا تتوافق مع الطريقة التى تعمل بها تفاعلات الاستراتوفير كما نفهمها الآن .

على أنه يلزم أن نخفف من هذه الجملة ، ذلك أنه بالرغم من أنها معقولة طالما افترضنا أن المصدر الأسمى للأشعة فوق البنفسجية هو الشمس ، إلا أن الصورة تتبدل اذا لم تكن الشمس هى المصدر الوحيد . ان واحدا من انفجارات السوبرنوفات على مقربة من مجرتنا ، مثلا ، يمكنه أن يغرق الأرض بمقادير من الإشعاع ، تغمر كل آليات الحماية على كل المستويات .

هل من المحتمل أن يكون انقلاب المجال المغنطيسى مرتبطا بتغير فى المناخ ؟ هذا محتمل . فى سنة ١٩٧٨ اكتشف عالم بجامعة أريزونا علاقة عكسية بين شدة مجال الأرض المغنطيسى وكمية كربون ١٤ فى الغلاف الجوى ، وهذا يعنى زيادة فى الإشعاع الشمسى لأن الكربون ١٤ يتكون فى الجو بسبب القذف الإشعاعى للنيتروجين . وفى نفس الوقت تقريبا وجد عالم آخر - فى مرصد لامونت - دوهيرتى الجيولوجى - أدلة تقول ان لشدة المجال المغنطيسى علاقة عكسية مع درجة الحرارة : فكلما ضعف المجال كان الجو أدفا ، وليس هناك بالطبع من يقترح وجود علاقة سببية بين الظاهرتين . كان المناخ يتدهور فى نهاية العصر الطباشيرى ، هكذا تقول وجهة النظر المقبولة الآن ، صحيح أننا لا نستبعد احتمال حدوث فترة قصيرة يتحسن فيها المناخ - وفترة تبلغ ألف سنة أو ألفين تعتبر قصيرة

بالمقياس الجيولوجى الزمنى - غير أنه من الصعب أن يكون هذا سببا لانقراض عدد كبير من الأنواع .

إننا لا نستطيع أن نقبل انقلاب المجال المغنطيسى فى حد ذاته سببا فى الانقراض . لكن مثل هذا الانقلاب ربما كان قد حدث فى ذلك الوقت، وبذا ترتبط الواقعتان . ربما كانت ثمة حادثة سببت الانقراض ومعها انقلاب المجال المغنطيسى .

أية حادثة يمكنها أن تفعل هذا ؟ اقترح أن قطبية المجال المغنطيسى قد تنقلب إذا ما اصطدم جسم ضخم (نيزك مثلاً) بسطح الأرض مسببا اضطرابا هائلا فى لب الأرض . أن هذا أمر معقول يتوافق مع الصورة التى نبنينا ، لأن صدمة مثل هذه هائلة تسبب مثل هذا الاضطراب ، ستكون لها بلا شك آثار رهيبية للغاية على السطح !

دعنا ننحى الآن جانبا هذه الصدمة الهائلة ، لأن هناك آليتين يمكن من طريقهما أن ينقلب المجال المغنطيسى ، واحدة منهما تتضمن جسما سماويا ، وانما قبل الاصطدام . دعنا نفترض أن جسما ضخما سيدخل الغلاف الجوى بسرعة رهيبية جدا وهو يلف بسرعة شديدة جدا . هذا أمر ليس مستحيلا - فلا يجب أن نفترض أن الكواكب وحدها هى التى تدور حول محاورها ! عندما يلاقى هذا الجسم الهواء فإنه يؤين ذرات الغازات التى يرتطم بها ، بينما تؤين هذه ، الذرات على سطحه ، وبذا يصبح الجسم وقد غلفته سحابة تلف من الجسيمات المتأينة : سحابة بلازمية . تعمل هذه السحابة كدينامو فائق لتعطى مجالا مغنطيسيا قويا جدا - وإن كان قصير العمر ، فهو لا يبقى بعد الارتطام . ومن المحتمل جدا أن تتسبب هذه الصدمة المغنطيسية العنيفة فى تغير مجال الأرض المغنطيسى ، وربما أيضا فى تغيير القطبية .

وانفجار سوبرنوفلا فى جوار الأرض يسبب هو الآخر صدمة مغنطيسية هائلة تمزق مجال الأرض المغنطيسى ، ويمكن أن تقلبه .

فخلص من هذا اذن الى أنه بالرغم من عدم وجود أدلة فى الوقت الحاضر تقودنا الى الاعتقاد بأن مجال الأرض المغنطيسى قد عكس قطبيته منذ ٦٥ مليون سنة ، فإن هذا الاحتمال لا يمكن رفضه . ليس هناك من سبب يدعونا للاعتقاد بأن الانقلاب فى حد ذاته سيسبب آثارا مؤذية ، أو أنه سيتسبب فى أى انقراض . والحقيقة أنه ربما يكون قد اصطحب معه تحسنا مؤقتا فى المناخ ، لكن ، بينما يصعب أن يؤدى الانقلاب الى أية آثار بيولوجية خطيرة ، فإن سببه قد يقود الى هذا ، لأن هذا السبب قد يكون هو مرور جسم ضخم - فى الغلاف الجوى - يتحرك بسرعة رهيبية،

أو هو انفجار لسوبرنوفًا على مقربة • ما نحن إذا نتجه ثانية الى اقتحام
من خارج الأرض •

ماذا يا ترى يكون السبب فى مثل هذا الاقتحام ؟ ومم يتركب ؟ ربما
كان أقرب المشتبه فيهم : سحابة غبار ، أو انفجار سوبرنوفًا ، أو تمارس
قريب من جسم ضخم ، أو اصطدام •

رأينا فيما سبق أنه من الممكن أن تسبب سحابة الغبار آثارا على
سطح الأرض ، غير أن السحابة المطلوبة ، التى ترسب طبقة من المعادن
النبيلة فوق معظم سطح الأرض ، لابد أن تكون ذات مواصفات خاصة ،
اذ يلزم أن يكون لها حجم معين وكثافة معينة • وليس هناك بمجرتنا فى
المنطقة من حولنا سحابة تفى بالمواصفات المطلوبة • قد لا يكون هذا مهما •
فربما تحركت السحابة بعيدا بعد وقوع الحادثة واختفت الآن بعيدا عنا •
ان النظام الشمسى يتحرك داخل المجرة • فهل لا تزال السحابة القديمة
ننتظرنا فى موقع ما بعيد ، ليتجدد لقاءنا بها مرة أخرى فيما بعد ؟ أم
يا ترى قد تسببت ملاقاتها بالأرض فى استنزاف مادتها لتصبح أصغر مما
كانته وأكثر انتشارا ؟ سنعود مرة أخرى الى قضية هجرة النظام الشمسى
خلال المجرة فى الفصل العاشر •

لأسباب سنشرحها حالا ، لابد وأن هذه السحابة كانت باردة ، كما
أنها لا يمكن أن تكون قد تشكلت عن حادثة وقعت فى جوارنا •

اكتشف جاناباثى (مجلة ساينس سنة ١٩٨٠) فى قصه لصلصال
التخوم وجود نظيرين للأوسميوم (أوسميوم ١٨٤ وأوسميوم ١٩٠)
بنسبة مميزة للمواد التى نشأت داخل النظام الشمسى • نحن نعلم أن
الأوسميوم يمكن أن يتشكل فقط اثناء انفجار سوبرنوفًا • وقد اقترح
جاناباثى أن نسبة النظيرين عند تشكيل الأوسميوم تكون مميزة للظروف
الخاصة المحيطة ، نعى أن نسبة هذين النظيرين هى نسبة نمطية لواقعة
سوبرنوفًا معينة ، والحق أنها بصمة الواقعة • ولما لم يكن لدينا سبب
واضح لاختلاف النسب ، فان احتمال أن يكون لاثنيين من هذه الانفجارات
نفس البصمة سيغدو أمرا مستبعدا جدا ، وعلى هذا فهو يعتقد أن النسبة
بين النظيرين فى صلصال التخوم تشير الى أن الأوسميوم بها قد نشأ
فى نفس انفجار السوبرنوفًا الذى نتج عنه الأوسميوم الموجود بالأرض •
بل وأيضا كل الأوسميوم الموجود فى كل مكان بالنظام الشمسى •

جدله مقنع • ولكنه لا يرقى الى مرتبة البرهان • نحن لا نستطيع أن
نلاحظ تكوين الأوسميوم ملاحظة مباشرة ، وليس فى وسعنا إذن أن نعرف

ما اذا كانت نسب النظائر تحددها آلية ما تعمل كونيا . هو يفترض أن النسبة تعطينا بصمة السوبرنوفنا ، ولكنه قد يكون مخطئا . غير أنا لا نستطيع أن نرفض فكرة السوبرنوفنا بناء على هذا الأساس وحده .

لا ولا نستطيع أن نرفض احتمال وقوع حادثة سوبرنوفنا فى منطقتنا من المجرة . ان هذه الظواهر قصيرة العمر ، ولكنها بمعيار المجرة ليست استثنائية . ثمة خمس منها حدثت فى مجرتنا خلال الألف سنة الماضية ، فمن المعتقد أن سديم السرطان هو نتيجة واقعة سوبرنوفنا شاهدها الفلكيون الصينيون يوم ٤ يوليو سنة ١٠٥٤ . ولقد يصل تآلق النجم المنفجر خلال اسبوع الى عشرة ملايين ضعف تآلق شمسنا ، ليصبح ليه غير معنوى كما رأينا . يبقى حطام السوبرنوفنا فترة يمكننا فيها ملاحظته عن طريق الفلك الاشعاعى أساسا ، ولحد ما عن طريق ما يبثه من ضوء مرئى ومن أشعة اكس وأشعة جاما . ثمة ما يقرب من مائة من مثل هذه المصادر فى مجرتنا . وهى تتلشى فى نهاية الأمر عندما تنتشر جسيمات السحابات وتبرد (وان كانت قد تسخن أحيانا لأسباب ما تزال غير مفهومة جيدا) . ويكاد يكون من المؤكد أننا لن نجد اثرا يمكن ملاحظته الآن لواقعة حدثت منذ ٦٥ مليون سنة .

لو أن حادثة كهذه وقعت بالمجرة فى جوارنا مباشرة ، فهل يمكن يا ترى أن تقذف بكميات ضخمة من المادة فى اتجاهنا ؟ هل يجوز أن تكون هذه الواقعة قد كونت سحابة غبار ضخمة تحركت خلال النظام الشمسى ، لتمر على الأرض فى تحركها ، ثم تتركها سابحة الى الفضاء البعيد ؟ ستكون هذه السحابة على الأغلب نشطة اشعاعيا ، فهل يا ترى تسبب آثارا خطيرة ؟ برغم جمال هذه الفكرة الا انها للأسف ليست مقبولة . صحيح بالطبع أن ما تطرحه القشرة أثناء حادثة السوبرنوفنا يتكون من جسيمات غبار وغاز ، وأن هذه يمكن أن تشكل سحابة بين نجمية ، لكننا لابد أن نتذكر أن القشرة سيقذف بها فى صورة جسم كروى يتضخم - أشبه ما يكون ببالونة ينفخ فيها . وهى تحوى طاقة هائلة . تقذف القشرة بسرعة تبلغ ستة آلاف متر فى الثانية ، غير أنها فى ابتعادها عن بؤرة الانفجار تصبح أكثر انتشارا . أما أن تمر خلال النظام الشمسى وهى لا تزال كثيفة لتعطى الآثار التى تحتاجها ، فمعناه أن يكون الانفجار نفسه قريبا جدا ، وهذا يجعل موجات الصدمة الأولى تحطم كل شئ . والمؤكد أن هذا يبرر الانقراض ، ولكنه لم يكن ليسمح ببقاء أية حياة على الإطلاق ، إذ سيحترق الكوكب بأكمله ويتحول الى رماد ! أما اذا كانت السوبرنوفنا بعيدة ، فربما أعطت أثرا أكثر تواضعا - يكفى لقتل الكثير

من الأنواع ليترك البعض الآخر - لكن السحابة عندئذ تصبح ولا علاقة لها بالموضوع !

يبقى لنا من بين المشتبه في أمرهم موضوع ملاقات جسم صلب . ولنترك الآن قضية ما اذا كان هذا الجسم قد ارتطم بسطح الأرض مباشرة أم أنه مر عليها مروراً عابراً . علينا أن نعين قدرة المشتبه فيه على اقتراح الجريمة قبل أن نتحول الى طريقة العمل . ثمة صنفان من المرشحين : المذنبات ، والنيازك . علينا أن نعاملها بحذر لأن ثمة أخطاراً في اتهام أى منهما بالتسبب في كارثة هائلة . ان لدينا أفكاراً مسبقة عنهما تجمعت خلال آلاف السنين من ثقافات كل حضارات الأرض .

اثارت المذنبات اهتمام الناس من قديم الزمن ، لأنها ساطعة مثيرة ويمكن رؤيتها أياماً بطولها ، وكثيراً ما القيت عليها مسئولية ظهور الطاعون وانخفاض المحصول وغير ذلك من الكوارث . ولقد اتهمت النيازك هي الأخرى بأنها صواعق يقذف بها كبار الآلهة : زيوس ، وجوبيتر ، وثور ، وبركوناس ، وببيرون ، وترانس ، ويهوه ، وغيرهم كثير من الآلهة الأقل شهرة ، يقذفون بها لمعاقبة الآثمين . ربما كان الاتهام ظالماً ، كانت الصواعق الحقيقية سلاحاً سحرياً خفياً يسبب الدمار المادى الذى يلحظ عقب وقوعها . على أية حال علينا أن ننتبه حتى لا يتحول جدلنا المنطقى ليصبح هو الآخر مجرد أساطير .

قد نصب ان نعتقد ان اسلافنا كانوا من الحمقى المؤمنين بالخرافات، لكن الحقيقة أنهم فى موضوع الصواعق لم يكونوا خاطئين كما نتصور ، لأن الصواعق تحدث بالفعل . انها تحدث اثناء العواصف الرعدية العنيفة عندما تمتد جبال السحب حتى تصل الستراتوسفير . فى مثل هذه الظروف قد يشتعل وميض البرق من أعلى قمم السحاب حتى سطح الأرض ، ليفرغ فى الأرض قدراً عظيماً من الطاقة يصهر التربة الى كتل من مادة زجاجية . لا احد بالطبع يرى هذه الكتل وهى تتكون على السطح ، كما أنها بالتأكيد لم تكن موجودة قبل وميض البرق ، وبذا فمن المعقول تماماً ان يتصور اسلافنا ان هذه المادة قد طوح بها من السماء الى الأرض . والواقع أنها تحدث أكثر ما تحدث فى المناطق المعتدلة اثناء فصلى الربيع والخريف .

والمذنبات أجسام غير مؤكدة المنشأ تتحرك داخل النظام الشمسى فى مدارات تحملها مرة قريباً من الشمس ثم تحملها ثانية بعيداً جداً عنها . وفى كل مرة يمر فيها المذنب قريباً من الشمس يفقد بعضاً من مادته ، وليس هناك طريقة يمكنه بها أن يعوض هذا النقص . وعلى هذا فان معظم المذنبات يتلاشى بالتآكل ، كما ان البعض منها يضيع

تماما من النظام الشمسى بسبب اضطرابات جاذبية بمداراتها تقذف بها بعيدا فى الفضاء بين النجوم . وعلى هذا فان المذنبات نفسها تغير من طبيعتها وسلوكها بسبب هذا التآكل ويسبب الطرق التى بها تتغير مداراتها وسرعاتها بالنسبة للشمس .

كان الفلكى الأمريكى فريدل . هويل - من مرصد سميثسونيان الفيزيافلكى بكامبريدج ماساتشوستس ، وسنسمع عنه مرة أخرى بالفصل السادس - كان هو من نشر بحثا سنة ١٩٥٠ اقترح فيه - على عكس السائد وقتئذ - ان للمذنبات نوايا صلبة تتكون من نسب متساوية من الصخور وبلورات السوائل المتجمدة والغازات . فهى فى الحقيقة - على حد تعبيره - « كريات ثلج قذرة » . ويعتقد معظم العلماء هذه الفكرة الآن . والأجزاء الصخرية منها تتكون من جلاميد مدورة والكثير من الشظايا الأخرى الأصغر ، وقطرها يبلغ نحو كيلو متر واحد ، يربطها الثلج جميعا مما يتسبب فى زيادة حجمها . وكتلة المذنب أقل بكثير من كتلة نيزك صلب له نفس الحجم .

ستكون لهذا أهميته اذا كانت سرعة المذنب بالنسبة للأرض تقارب سرعة أى جرم آخر فى النظام الشمسى ، ولكننا لا نستطيع التأكد من هذا . فاذا ما كان المذنب بعيدا عن الأرض فعلينا أن نحرض على ما تعنيه كلمة مثل « السرعة » ، لأنها بالطبع نسبية تتعلق بالملاحظ الذى يرصدها . تتحرك الأرض فى مسلكها بسرعة تبلغ ٢٩.٨ كيلو مترا فى الثانية ، أما سرعة المذنب برادفيلى فقد قدرت بـ ٢٤ كيلو مترا فى الثانية بالنسبة للشمس ، بينما تبلغ سرعة كوهوتيك ومجموعة مذنبات وست نحو ٥٠ كيلو مترا فى الثانية . لو أن هذه السرعات كانت هى أيضا السرعات بالنسبة للأرض للزم أن يكون المذنب حقا أكبر من مجرد كتلة من الصخر المصمت كى ينتج نفس الأثر الذى تسببه كتلة الصخر المصمت عند الاصطدام ، ذلك لأن سرعته لن تختلف عندئذ كثيرا عن سرعة نيزك . غير أن مدارات المذنبات غير منتظمة ، ومن المحتمل جدا أن يقابل أحدها الأرض مواجهة . فى هذه الحالة يلزم أن تجمع السرعتان - سرعة المذنب وسرعة الأرض - وإذا ما وصلت سرعة الاصطدام الى ٥٠ - ٨٠ كيلو مترا فى الثانية تناقص الفارق بين الأثر الذى يحدثه المذنب وأثر النيزك بشكل واضح .

تحسب طاقة الحركة - وهى ما يهم - بضرب نصف كتلة الجرم فى مربع سرعته . وعلى هذا تتساوى طاقة الحركة لقطعة من الصخر المصمت تسير بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية ، مع طاقة مذنب له عشر هذه الكتلة اذا وصلت سرعته الى أكثر قليلا من ٦٣ كيلو مترا فى الثانية.

(يجرى الحساب كالتالى : افترض ان كتلة قطعة الصخر هي ١٠٠ وكتلة المذنب هي ١٠ ، ستكون طاقة الحركة للصخر تساوى (١٠٠ ÷ ٢) مضروبة فى مربع ٢٠ (أى مضروبة × ٤٠٠) ، والنتيجة اذن ٢٠٠٠٠ ، أما بالنسبة للمذنب فستكون (٢٠ ÷ ٢) × (٦٣ × ٦٣) = ١٩٨٤٥ . وهذه الأرقام ليست خيالية تماما ، فقطر المذنب يبلغ نحو ١٢٥ كيلو متر كيلو مترا . وعلى هذا ، وبسبب الفارق فى الكثافة بين « كرة الثلج القدرة » والنيزك ، فان مذنباً له كتلة نيزك قطره عشرة كيلو مترات سيكون قطره ١٢٥ كم فاذا ماكانت نصف كتلة المذنب من الثلج بحيث يمكن اسقاطها من الحساب لنهتم فقط بالجزء الصخرى منه ، يلزمنا أن نضاعف حجم المذنب ليصل الى الكتلة المفروضة لو أنه كان بالكامل كتلة صلبة . يتضاعف حجم الكرة اذا ازداد قطرها بمقدار ٢٥٪ ، وبذا فان مذنباً قطره ١٢٥ كيلو مترا ستكون له نفس كتلة نيزك قطره عشرة كيلو مترات . ومن المستبعد - ان لم يكن مستحيلاً - أن نجد مذنباً قطره ١٢٥ كيلو مترا ، لكن من السهل أن نجد مذنبات سرعتها ٦٣ كيلو مترا فى الثانية وقطرها ١٢٥ كيلو مترا . بل الحقيقة أن السرعة قد تزيد كثيراً عن هذا ، ليكون حجم المذنب أصغر .

ان الصعوبة مع فكرة اصطدام مذنب بالأرض ليست فى أنها غير قابلة للتصديق ، فهى معقولة تماما ، وانما تكمن فى كيميائى صلصال التخوم . اذ يبدو أنه من المستبعد أن تنقل « كرة ثلج قدرة » الكميات المطلوبة من الأوسميوم والاييريديوم .

عندما ناقشنا فى الفصل الثانى احتمال أن يكون مذنب قد أطلق سميوماً فى الجو أو فى البحر ، وجدنا أن هذا هو الآخر أمر مستبعد . والسبب بسيط للغاية . افترض وجود مذنب له نواة قطرها ١٢٥ كيلو مترا . سيكون حجم نواته نحو كيلومتر مكعب ، نصفها من مواد جامدة تصبح سوائل أو غازات على درجات الحرارة التى تقابلها على سطح الأرض - نقصد أن النصف مكون مما قد نسميه « ثلجا » ، ونعنى بذلك مادة لا توجد فى الحالة الجامدة الا عرضاً . هنا لابد أن نتذكر أن الرصاص الجامد على ظهر كوكب الزهرة قد يعتبر « ثلجا » لأنه يوجد هناك طبيعياً فى حالة سائلة . دعنا نفترض أن هذا كله - نصف الكيلومتر المكعب بأكمله - مكون من سيانيدات وسموم أخرى . دعنا نفترض أيضاً أن المذنب سقط فى شمال الأطلنطى (وهو فرض له أسبابه التى سنذكرها فى الفصل التالى) . فى نهاية العصر الطباشيرى كان شمال الأطلنطى اضيئ مما هو عليه الآن ، وإن لم يكن عمقه - على الأغلب - يختلف كثيراً عنه اليوم ، وكان يتخذ تقريبا شكل مثلث أبعاده

بالتقريب : القاعدة ٣٠٠٠ كيلو مترا ، الارتفاع من الشمال الى الجنوب ٣٠٠٠ كيلو مترا ، ويحتمل أن عمقه كان نحو ٤ كيلو مترات . وهذا يعطى حجما يبلغ ١٨ مليون كيلو متر مكعب . اننا نفترض الآن أن نصف كيلو متر مكعب من المادة السامة قد سقط في ١٨ مليون كيلو متر مكعب من الماء . ستقتل بالطبع كل الكائنات بالمنطقة المجاورة لمكان السقوط بسبب العنف الاصطدام : قبل أن تجد الوقت كى تموت مسمومة ! انما سيؤثر السم على تلك الكائنات التي كانت بعيدة عن موقع الاصطدام ، لكن في انتشار السم نحوها سيتوزع خلال الظروف العنيفة الناتجة داخل كتلة تبلغ ٣٦ مليون ضعف كتلته الأصلية . ستتسمم بعض الكائنات ، لكننا نستبعد أن يكون عددها كبيرا . ثمة احتمال أقل في أن تصل مثل هذه الكميات القليلة من السموم ، بعد أن خففتها مياه محيطات العالم كله - ومنها الباسيفيكي الذي كان أكبر بكثير وأعمق من الأطلنطي - أن تصل في صورة جرعات قاتلة أو حتى مؤذية للغسالية العظمى من الكائنات الحية . لن يكون في مقدورها أن تسبب انقراضا ، وحتى ان هي سببت هذا ، فلن تملأ انقراض الأنواع التي كانت تحيا على الأرض .

تبقى لدينا النيازك والنجوم . ثمة اختلاط بسيط في المصطلحات هنا . فهناك نظرية تقول ان حزام النجوم هو مصدر النيازك التي تتحرك داخل النظام الشمسي وتصطدم أحيانا بالكواكب . وهناك نظرية أخرى تقول انها بقايا نوايا مذنبات - لتعمل بذلك مداراتها غير المنتظمة . والنيازك أجرام يمكن أن ترتطم بالكواكب ، والنجوم أجرام شبيهة لا ترتطم بها . وتسمى النيازك التي تحملها مداراتها قرب الأرض باسم نجيمات أبولو . ونحن نعرف منها تسعة عشر ، وقطرها يتراوح ما بين كيلو متر واحد وستة كيلو مترات ، فيما عدا اثنين منها قد لا يزيد قطر أي منهما على مائتي متر (هما ب ل ٦٣٤٤ ، ١٩٧٦ ي ا) ، وبعضها يقترب كثيرا من الأرض ، بل وقد يمر ما بين الأرض والقمر . والنيازك الموجودة حاليا أصغر من أن تبرز الواقعة التي نحاول تفسيرها ، ولكن ربما كان هناك يوما ما نيازك أكبر . وطبيعي أن اصطدام أي منها بالكواكب سيخرجها من المجموعة . ولنا أن نعتبر أن بنيتها هي البنية النموذجية للنيازك الأخرى .

هناك نمطان رئيسيان من النيازك : نيازك مكونة من الصخر ، وأخرى لبها من المعدن (الحديد أساسا) - تسمى السيديروفيالات . والتركيب الكيماوي للنمطين مختلف . ومن الممكن أن تتسبب عن أيهما واقعة اصطدام

رهية بالأرض • والمعادن التي ترسبت في صلصال التخوم معادن مميزة
لنيزك السيديروفيالت •

وعلى هذا يبدو من المحتمل جدا أن ثمة طائفة واحدة فقط من الأجرام
هى التى تسببت فى تلك الآثار الهائلة على سطح الأرض ، وألقت فى نفس
الوقت بالمعادن التى عثرنا عليها فى صلصال التخوم • اننا نتصور نيزكا
من الحديد • ولكن ، لما كان مصدر الجرم السماوى ما يزال مجهولا ،
فربما كان من الأفضل الا نسميه نيزكا ولا نجما • بدلا من ذلك دعنا نستعمل
من الآن مصطلحا اقل دقة وأكثر عمومية : سنطلق على هذا الجرم اسم
الكويكب - الكوكب البالغ الصغر •

والآن ، دعنا نحاول أن نعرض ما نتصور أنه قد حدث عند وقوع
الاصطدام •

الفصل الخامس

برميل النار

انفجر البحر • قفز المحيط الى أعلى وقد تحول الى غاز متوهج ،
فى هدير ملاً جنبات الكون •

لم يكن ثمة تحذير • على الأقل ، لم يكن ثمة تحذير يعين الحيوانات
الوجودة عندئذ على وجه البسيطة • ربما رأى الأنشطة منها والأكثر
ذكاء ، ربما رأى لمحة من شعاع يبرق فى الفضاء ، فشرع يرفع رأسه •
هل يا ترى كانت الزواحف تمد رموسها فوق سطح مياه المحيط ؟ وطيور
البحر — وكانت موجودة عندئذ ، وتشبه ما نراه الآن من نسلها — هل
كانت تحوم وتصرخ فى بحثها الدموب عن الطعام ؟ ثم هل ابتدأت جميعا
تننبه للنار فى السماء ؟ نستبعد هذا ، ثم أن انتباهها لم يكن ليفيدها
كثيرا •

وليس هذا لأن الواقعة لم تكن مرئية • العكس تماما • عندما دخل
الكويكب المناطق الأعلى من الغلاف الجوى — على مبعده ١٥٠ كيلومترا
من سطح الأرض — لا بد وأن قد ابتدا فى التوهج ، ليصبح أكثر سطوعا
من الشمس • كما أنه لا بد وأن قد بدا فى نحو عشرة أضعاف حجم
الشمس ، بسبب زاوية الدخول • وبارتفاع حرارته الى ١٨٠٠٠ درجة
مئوية — ثلاثة أضعاف حرارة الشمس — أصبحت درجة لمعانه مائة ضعف
لمعان الشمس • لا بد أنه قد ملاً الفضاء تماما بعد ثانية واحدة لا أكثر من
ظهوره • أن رؤيته لم تكن لتزيد عن مجرد لمحة ، فلو أن الرائي كان
قريبا ، أذن لأحرقتة الحرارة التى يشعها أمامه ، وأحالتة الى رماد •
أما البحر من تحته ، فلا بد وأن قد ابتدا يغلى فى عنف قبل أن يصطدم
به مباشرة •

كانت النهاية سريعة بالنسبة للحيوانات التى وقعت فى مساره •
إن كويكبا يسقط عموديا على السطح بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية

لن يستغرق أكثر من ثانيتين ليقطع المسافة داخل المنطقة الأكثر كثافة من الغلاف الجوى • ثمة مذنبات تسير بسرعة تصل الى أربعة أضعاف هذه السرعة بالنسبة للأرض ، لتصل فى وقت أقصر • لن تحس بالكويكب اذن كل تلك الملايين التى لا تعد ولا تحصى من الحيوانات : نائمة ، ترعى ، تبحث عن فريسة ، تتشاجر، تغازل، تتزاوج • انها - ببساطة - ستتلاشى •

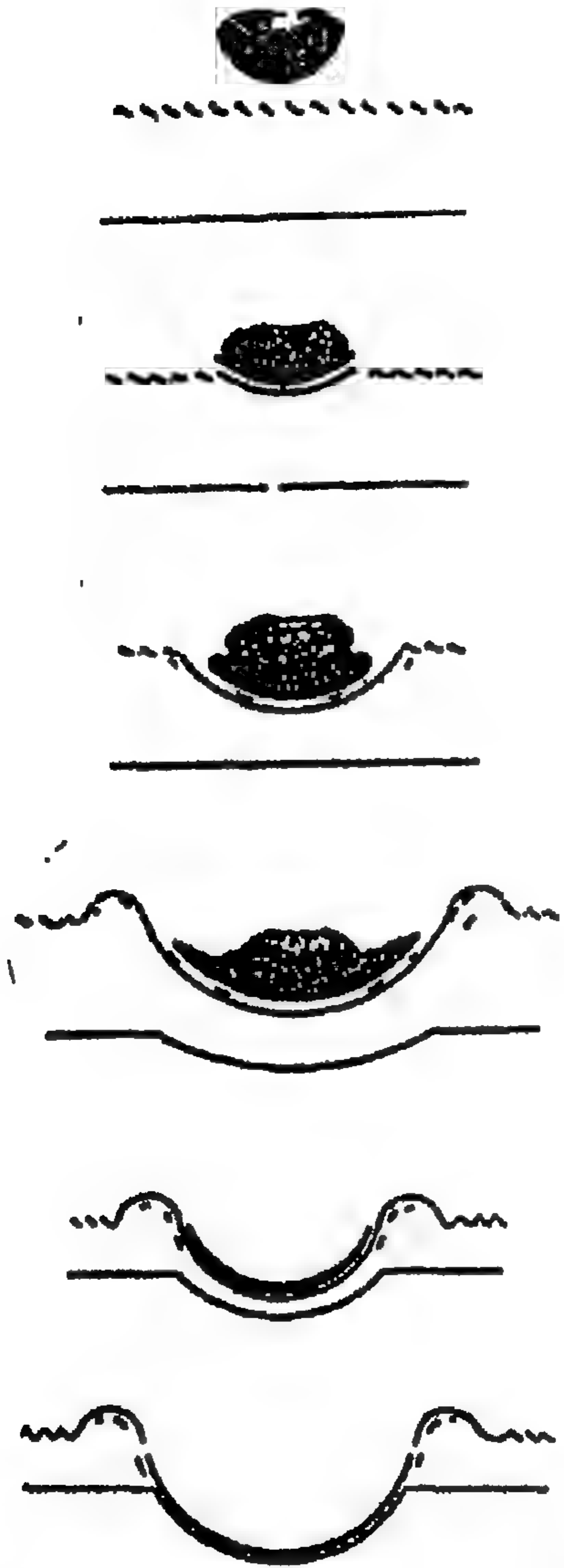
أما الانفجار الذى مزق المحيط فلابد وأن قد كان أكثر عنفا من أى انفجار عرفناه فى تاريخنا ، أعنف بكثير مما يمكننا تخيله • ولا بد لنا عند محاولة تفهمه أن نفحصه الى أجزاء ، ثم نصف عناصره المروعة واحدا واحدا •

نسألك أولا أن تقبل تأكيدنا بأن الجسم السماوى قد سقط فى الماء • ان الكثير من الآثار المباشرة لن تختلف كثيرا اذا ما كان الجسم قد سقط فى الماء أو سقط على اليابسة ، لكن لدينا أسبابا عديدة للإفتراض بأنه قد سقط فى مكان ما بوسط شمال الأطلنطى ، وسنفصلها فى الفصل السادس •

دعنا نبتدىء بحجم الكويكب • كان قطره ١٠ أو ١١ كيلو مترا • قد يبدو لك هذا صغيرا ، لكن ذلك يرجع الى أننا عادة ما نقارنه بغيره من أجرام النظام الشمسى • ان حجمه لا يؤهله لأن يمنح لقباً مبعجلاً مثل « الكوكب » • ان له نفس حجم فوبوس ، وهو واحد من أقمار المريخ صغير ثقيل ، يبلغ طوله ١٣ر٥ كيلومترا وعرضه ٩ر٥ كيلو مترا • لكن قمر الأرض أكبر من ذلك بكثير • وكويكبنا هذا صغير على المستوى الكونى ، ويمكن أن يقارن بالأجرام الموجودة على الأرض نفسها •

يبلغ ارتفاع جبل ايفرست أكثر قليلا من ٨٨٥٠ مترا ، نعى أن أعلى قمة فيه ترتفع عن مستوى سطح البحر بنحو ٨ر٩ كيلومترا (وان كانت ما تزال ترتفع ، لأن تحركات قشرة الأرض التى كونت الهيمالايا لم تتوقف بعد) • اذا تصورت جبل ايفرست منتصبا كعمود من الصخر ، منعزلا بحيث يمكنك أن تراه من قمته حتى مستوى ماء البحر - دون أن يغرق فى المنخفض الذى يسببه وزنه الثقيل ، فان الكويكب سيكون أعلى منه بكيلو متر أو اثنين ، وأعرض منه كثيرا • سيبدو الجبل أمامه قزما •

سيكون مصدر خطر للطيران • فالطائرات التى تطير على ارتفاع عشرة كيلو مترات أو أكثر هى فقط الطائرات الحربية والطائرات المدنية عابرة القارات • ستعبر الكونكورد فوقه بلا متاعب ، أما طائرات ٧٤٧ أو ترايستار فسيكون عليها أن تدور من حوله ، الا اذا كان القائد مستعدا أن يتمتع ركابه بقليل من الطيران المنخفض •

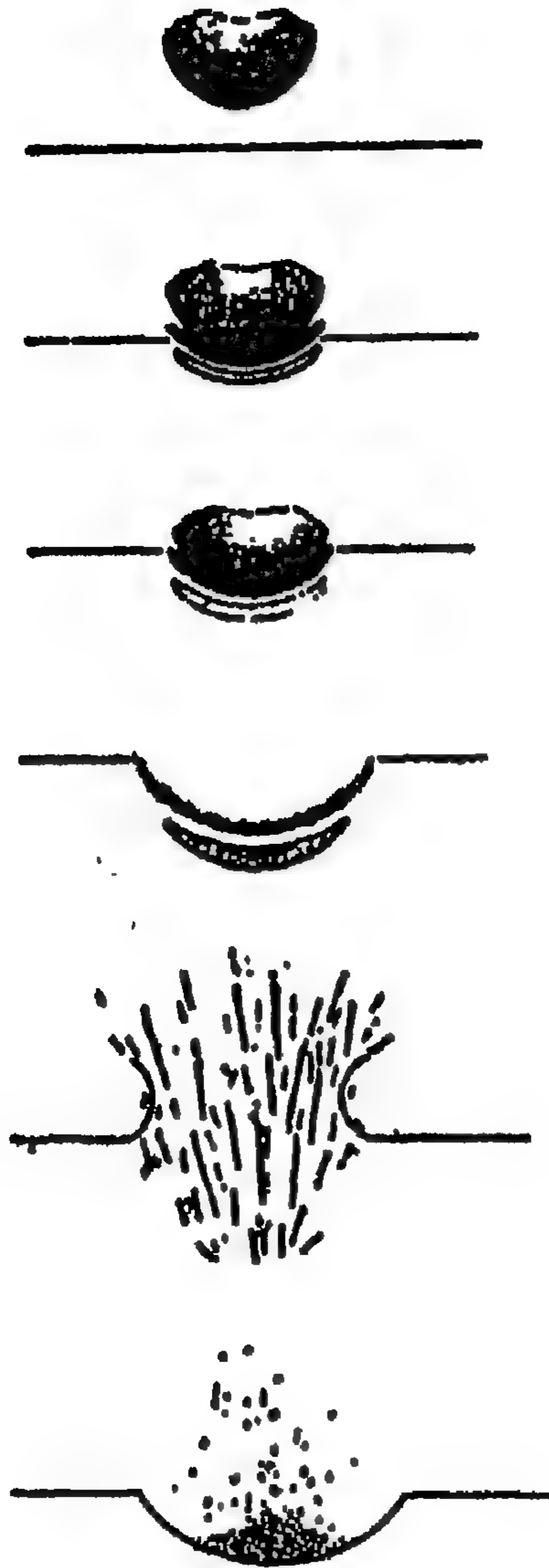


يُقدم هذا الشكل تخطيطاً للسلوك المحتمل لجُرم ضخم عندما يصطدم بالبحر وقاع البحر.
لاحظ كيف يتشوه الجُرم نفسه ، ثم لا يبقى منه ما يمكن تمييزه .

اننا نتعامل اذا مع جرم صغير بالمقياس الكونى ، وكبير حقا بالمقياس المألوف لنا على سطح الأرض . ولقد كان الكويكب ايضا صلبا جدا . كان كتلة من الصخر لا تقل صلابة عن ايفرست نفسه ، ولم يكن بالقل كثافة منه ، فالتر المكعب منه لم يكن ليقل وزنا عن متر مكعب من صخور ايفرست . قدر فريق الفارس وزنه برقم يقع ما بين ١٠٠ بليون طن و ١٠٠٠ بليون طن ، وهذا مجال يسمح بقدر كبير من التهذيب (كان تقدير جاناباى هو ٢٥٠٠ بليون طن) ، ولكنه على الأقل يعطينا فكرة عن كتلة هذا الكويكب .

اقترب الكويكب من الأرض بسرعة بلغت ٢٠ كيلو مترا فى الثانية (اى نحو ٧٢٠٠٠ كم فى الساعة) . والأرض نفسها تتحرك فى مدارها حول الشمس بسرعة ٢٩.٨ فى الثانية . لكن الأرقام لا تعنى الكثير ، فعشرين كيلو مترا فى الثانية تعادل ستين ضعف سرعة الصوت على مستوى سطح ماء البحر فى غلاف الأرض الجوى . وعلى هذه السرعة تقطع الطائرة الرحلة ما بين لندن ونيويورك فى زمن يزيد قليلا عن أربع دقائق ، وستوفر فيها شركات الطيران الكثير من مصاريف الخدمة على الطائرة وتخسر الكثير من مبيعات الباراما المكوك الفضائى « كولومبيا » فيدور حول الأرض بسرعة ٨ كم فى الثانية (٢٨ ٨٠٠ كم فى الساعة) ، والقمر الاصطناعى الموجود فى مدار متزامن مع حركة الأرض ، اى الذى يبقى فى مكان ثابت فوق نقطة على سطح الأرض ، يتحرك بسرعة نحو ٣ كم فى الثانية (١٠ ٨٠٠ كم فى الساعة) . ويمكن للبندقية م ١٦ أن تطلق رصاصة سرعته ١ كم فى الثانية (٣٦٠٠ كم فى الساعة) دعنا نستخدم سرعة الرصاص هذه فى المقارنة . اننا نتعامل مع جسم أكبر بكثير وأثقل من جبل ايفرست ، مكون من صخر صلب ومعدن ، يقترب من الأرض بسرعة تبلغ عشرين ضعف سرعة رصاصة منبثقة من بندقية جيش حديثة .

كان جسما ضخما وسريعا ، نتج عن ارتطامه بالأرض قدر هائل من الطاقة . كم كان مقدارها ؟ يمكننا حساب هذا ، فلدينا تقديراتنا عن كتلته وسرعته . مرة أخرى سنعطى رقما قد لا يعنى شيئا : ١٠٠٠ مليون ارج لكل سنتيمتر مربع من سطح الأرض . وضع و. ه. ماكريا هذا الرقم فى صيغة أبسط ، قال انه يعادل تفجير ١٠٠ ترليون طن من ت. ن. ت (اى مائة مليون مليون طن) . كم حجم هذا ؟ ما ضخامة الرقم ١ يتلوه أربعة عشر صفرا ؟ انفجرت القنبلة الذرية التى ألقيت على نجازاكي فى أغسطس سنة ١٩٤٥ بقوة تساوى ٢٠ ٠٠٠ طن ت. ن. ت ، اى رقم ٢ امامه



هذا الرسم يقدم تخطيطا لسلوك المحتل لجرم ضخيم عندما يصطدم باليابسة .
 لاحظ ارتفاع وسط الحفرة عندما ينحل الجسم المصطدم فلا يبقى منه في منطقة الحفرة
 الا القليل .

أربعة أصفار • ولقد وصل الكويكب بطاقة تبلغ ٥ بليون (٥٠٠٠ مليون)،
قنبلة كقنبلة نجازاكي • ولتسهيل التصور اشارة ماكريا الى انه لو ان
الطاقة توزعت على سطح الأرض بالتساوى (وهو ما لم يحدث لحسن
الحظ) فسيكون نصيب كل كيلو متر مربع من سطح الأرض عشر قنابل
في قوة قنبلة نجازاكي • وإذا افترضنا أن حجم الأسلحة الذرية الموجودة
الآن على الأرض يعادل بضع مئات البلايين من تنزت ، فاننا نحاول أن
نتصور تفجيراً يعادل ألف ضعف تفجيرها جميعاً في مكان واحد •
لا عجب إذن أن نجد هذا صعب التخيل ! اننا نحاول أن نصف واقعة
أبعد بكثير من كل ما خبرناه أو سجله التاريخ • على أنه يلزم أن نشير
الى أنه بينما قد نتحدث عن الطاقة المنفردة عن الارتطام ، فان الأثر الناجم
عنها يتوقف كثيراً على الطريقة التي أفردت بها هذه الطاقة • وكما
سنوضح فيما بعد ، فان الطاقة الهائلة التي أفردتها الكويكب كانت أكثر
انتشاراً من الانفجار النووي ، وتختلف عنه - بالتالي - كثيراً •

ورغم ذلك فان المشهد الذي نصفه أبعد بمراحل عن أية خبرة
بشرية ، أبعد بكثير حتى من أية ظواهر يبتكرها العلماء في معاملهم •
وليس أمامنا الا أن نتأمل التضمينات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية •
ان كل ما نقوله نحن أو غيرنا عن تفاصيل الواقعة لابد أن يحوى قدراً
كبيراً جداً من التخمين العليم •

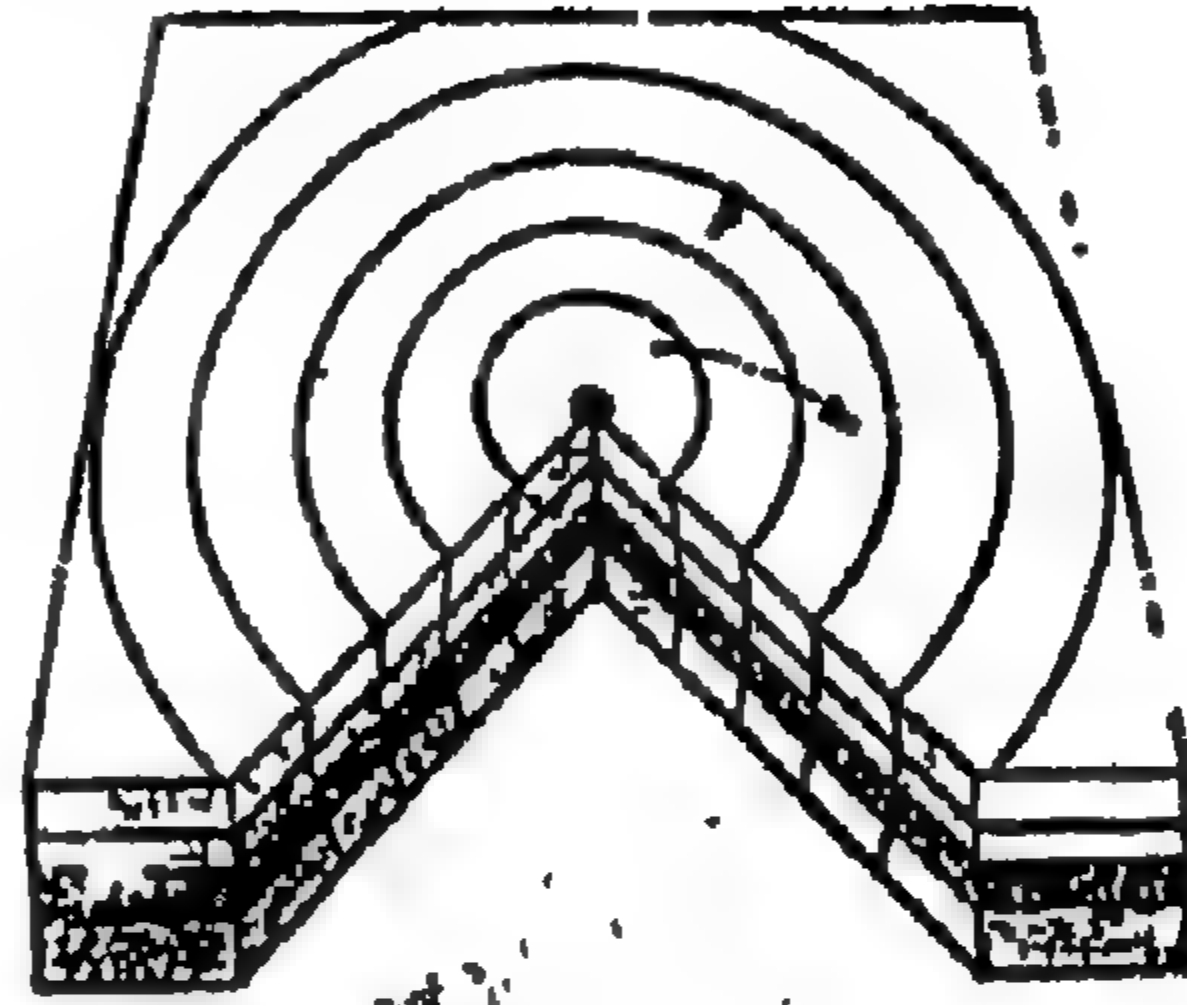
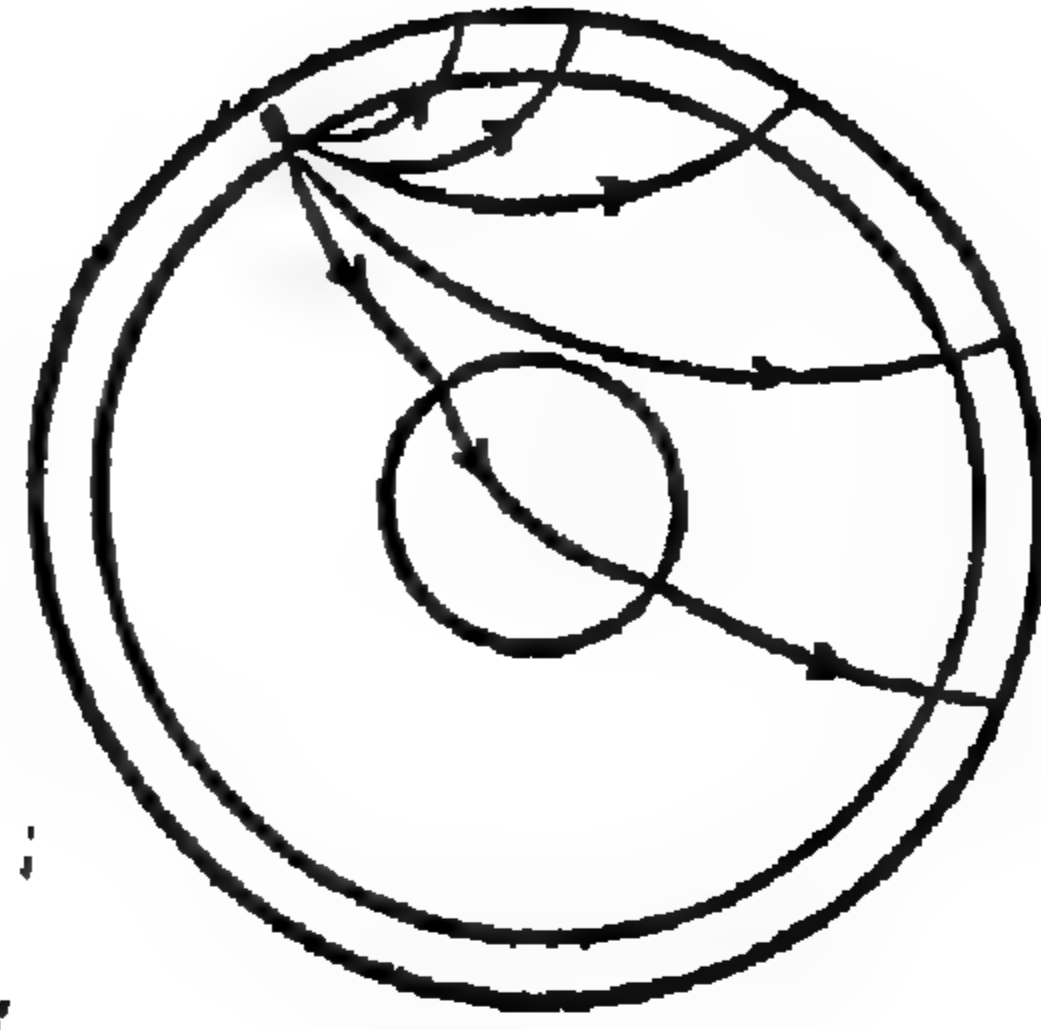
ثمة كارثة وقعت منذ نحو قرن مضى ، وهي موثقة جيداً • قيل ان
ثورة بركان كراكاتوا ، الموجود الآن فيما يسمى اندونيسيا ، كانت أفظع
انفجار بركاني مسجل ، وربما كانت أسوأ كارثة من نوعها في التاريخ
المعروف • لقد قتلت موجات التسونامي (موجات المد) وحدها نحو
٣٦٠٠٠ شخص في جزيرتي سومطرة وجاوة المتجاورتين • وربما كانت
طاقة انفجار كراكاتوا نحو ١٠٠٠ مليون طن ت ن ت • لقد أفرد اصطدام
كويكبنا هذا طاقة تعادل مائة ألف انفجار كانفجار كراكاتوا :

ماذا يحدث اذا ما انفجر مائة ألف بركان مثل كراكاتوا سسويًا ؟
لا يجب أن نبالغ في قوتها ، فهذه لم تكن تكفى لاقلاق مدار الأرض ، وهي
لم تزعزع عالمنا وتدفعه بعيداً عن مكانه • لا ولم يكن الانفجار من الضخامة
بحيث يسبب تلفاً خطيراً في تركيب الكوكب نفسه • وهذا انما يرجع أساساً
الى المرونة النسبية للأرض : فحتى صخورها الصماء الصلبة يمكن أن
تنحني وتتدفق قليلاً ، كما تتحرك القشرة بثبات ، وقد تتجدد • ثمة اجرام
أخرى في النظام الشمسي أكثر هشاشة تتحطم باصطدام قوى كهذا -
توابع كوكب زحل البعيدة المتجمدة مثلاً • والواقع أنها ربما كانت قد
نحطمت في الماضي ثم أعيد تشكيلها عندما تجمعت الشظايا مرة أخرى،

سويا بالجاذبية • لكى ينحنى السطح أو يتحطم لابد أن يحدث الاصطدام •
فهل حدث ؟

افترض البعض أنه اذا ما اخترق الغلاف الجوى جسم له مثل هذه السرعة العالية ، فلن يتبقى منه ما يصل الى سطح الأرض ، إذ سيحترق ويتحطم تحت الاجهاد الذى يسببه مروره داخل هواء متزايد الكثافة ، وبذا فانه يفرد كل طاقته فى الغلاف الجوى • لو أن هذا قد حدث للكويكب - لو أن الانفجار كان قد تم فى الهواء - اذن لكانت نتائجه أكثر فظاعة ، إذ ستوزع الطاقة عندئذ على مساحة من سطح الأرض أوسع • والواقع أنه من المستبعد أن يكون مرور الكويكب داخل الهواء قد تسبب فى أية آثار خطيرة على الإطلاق • صحيح بالطبع أن الحرارة تحطم معظم الأجسام الصغيرة جدا التى تدخل الغلاف الجوى • اننا نراها أحيانا فى صورة شهب أثناء الليل • وهذه الشهب التى تبعث فينا البهجة ، وقد تخيفنا ، تتفاوت حجما ما بين جسيمات من غبار ، الى كتل فى مثل حجم حبة الفاصوليا ، ورغم ذلك فان البعض منها يصل سطح الأرض ، وكذا يصله أيضا بعض من نيازك يتفاوت حجمها ما بين حجم الحصاة وحجم كرة القنس ، بل وقد يصل حجمها أيضا - ونادرا لحسن الحظ - الى جلاميد تزن طنا أو تزيد • ومثل هذه الأجسام تكون أكبر من أن تستهلك بالتآكل داخل الغلاف الجوى ، ولكنها فى نفس الوقت أصغر من أن تخفف سرعتها كثيرا أثناء سقوطها فى الهواء • وبذا ، فبرغم أنها تخترق الغلاف الجوى بسرعة عالية فان حركتها تكون بطيئة نوعا ما عندما تصل الى الأرض • ودرجة التسخين التى يصلها الجسم تتوقف على سرعته وعلى الفترة التى يقضيها فى رحلته بالهواء - وهذه بدورها تتوقف على زاوية السقوط اذنا نفترض الآن أن ثمة كويكبا اقترب من سطح الأرض باتجاه عمودى تقريبا ، وأنه قد قضى ثانيتين أو أقل فى رحلته داخل الغلاف الجوى ، وبذا ، فبالرغم من تسخين سطحه ، ومن أنه سيفقد بعضا من مادته ، فان النسبة التى سيفقدها ستكون ضئيلة غير معنوية •

لابد اذن أن يكون فناء هذا الكويكب قد تم عند اصطدامه بالبحر • مرة أخرى ، سيغرينا أن نفترض أن أى جسم يتمكن من اختراق الغلاف الجوى وكأن لا غلاف هناك ، يستطيع أيضا أن يخترق الماء بنفس الشكل ، ان يكن أصعب قليلا • ان ايا منا ممن أخطأ التقدير يوما وهو يقفز فى الماء فسقط على بطنه فى حمام السباحة ، يستطيع أن يؤكد أن الماء أحيانا يسلك سلوك المادة الصلبة • هم عادة ما ينصحون الطيارين عندما يتأزنون الى الماء بأن يفعلوا ذلك وهم فى وضع قائم ، بالاقسام أولا (وان كنا لا نعرف كيف يستطيعون ذلك) ، بل الأفضل لو تمكنوا من الولوج بأطراف أصابع أقدامهم ، كما الرافعات !

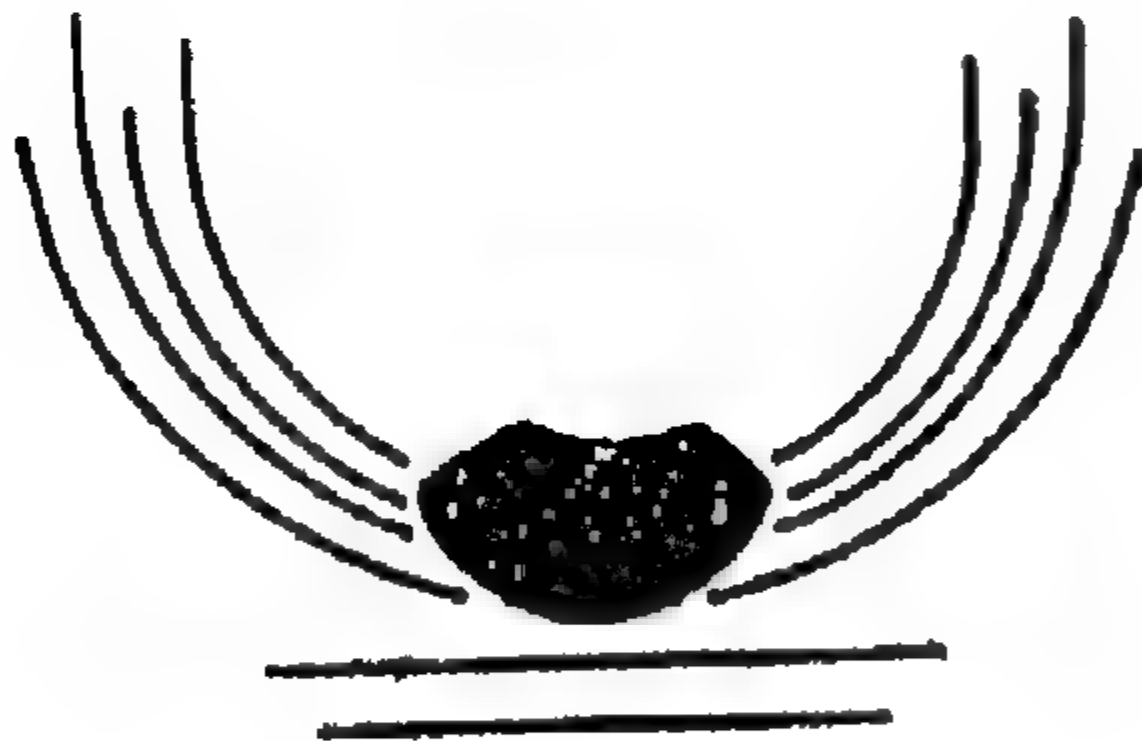


(٢)

(شكل ٤)

(١)

مقطعان مستعرضان في الأرض يوضحان كيف
تنتشر الموجات السيزمية من نقطة الارتعاش .



(ب)

(ب)

موجات الصدمة الناجمة عن جسم يقترب من
سرعة الصوت ثم يتجاوزها . لاحظ كيف
تضغط موجات الصدمة الى الخلف بازدياد
السرعة الى ان تتبع الجسم في النهاية عندما
يخترق الجسم حاجز الصوت .

غير أن الطيارين ، وبينهم من يابى حظه العاثر إلا أن ينفصل عن مظلته (باراشوته) ، ومثلهم الهابطون على بطونهم ، كلهم يصلون الماء فى بطنه فعلا . لكن مشكلتهم هى أنهم يعرضون للماء مسطحا كبيرا من جسامهم ثم لا يستطيع الماء أن يتحرك بطريقة ملائمة لاستقبالهم . فلكي يقلقهم الماء فى هدوء ، يلزم أن يتحرك جانبا عند ولوج أجسامهم فيه . طبيعى أنه كلما كانت حركة الماء اللازمة صغيرة أو تدريجية كلما سهل انتمائها . فالغواص الأكثر رشاقة ، الذى ينساب جسده الى الماء بأطراف الأصابع أولا ، لا يعانى من متاعب عند الاصطدام ، فالأمر لا يحتاج سوى قدر قليل من حركة الماء يسمح بولوج الأصابع أولا ، ثم يتلوها بالتدريج الجسم المتصل بها .

لماذا يلزم أن يتحرك الماء أصلا ؟ عندما يتحرك جسم صلب خلال الهواء أو الماء ، يلزم أن يتحول الهواء أو الماء المزاح الى مكان ما - فهو لن يتلاشى بالطبع ! والحقيقة أن الجسم يدفع الهواء أو الماء أمامه ، لينضم ثانية من خلفه . يتسبب دفع الوسط السائل فى خلق موجات ضغط تتحرك أمام الجسم ، وتبدأ فى شق الوسط قبل وصول هذا الجسم . فالجسم يتحرك كما لو كان مشرئفا خلف موجات الضغط التى تخلقها حركته . فإذا ما كان الجسم نحىلا - كالسهم مثلا - كانت الازاحة المطلوبة لمروره ضئيلة . وعندما تلاقى موجات الضغط بالهواء كتلة ماء ، تستمر الموجات فى الانتشار بالماء ، ولما كانت كثافة الماء ألف ضعف كثافة الهواء ، فإن الأمر يتطلب قدرا أكبر من الطاقة لتحريكه . فإذا كان الجسم نحىلا مضى كل شئ على خير ما يرام لأن طاقة حركة الجسم قد تكفى . أما إذا ما عرض الجسم سطحها واسعا للماء ، يحتاج قدرا كبيرا من الازاحة ، فإن طاقة حركته قد لا تكفى ، فيجد الماء « غير مستعد » ، وتكون النتيجة ألا ما فى الجلد - أو ما هو أسوأ من ذلك . أما كويكبنا فقد يتخذ أى شكل ، وإن كان من المستبعد أن يكون شبيها بالسهم . وبذا فنحن نتوقع أن يسقط على بطنه ، ويصبح الفارق عند الاصطدام بين الماء الذى لم يعد مستعدا للاستقبال وبين ركانز المعدن والصخر أمرا لا يهم غير الأكاديميين . والأكثر من ذلك أن ثمة عاملا آخر يلزم فى هذه الحالة أن نضعه فى الاعتبار .

تتحرك موجات الضغط أمام الجسم المتحرك بسرعة الصوت . ومعنى هذا أن المسافة التى تمتد فيها هذه الموجات أمام الجسم تتوقف على سرعته . بالنسبة لسرعة الصوت . وباقتراب هذه السرعة من سرعة الصوت تقترب حركة الجسم من موجات ضغطه المتقدم ، ثم الى سرعة الصوت نفسها ، فإذا ما ازدادت سرعة الجسم عن سرعة الصوت ، توقف تماما عن توليد

اية موجات ضغط امامية ، وبذا لا يتلقى الوسط الذى يتحرك خلاله اى تحذير مسبق . الموجات ما تزال تنتج ، لكن الجسم يتخطاها ويسبقها ، تنتضغط ضغطا محكما وتتحول الى ذلك الدوى الصوتى الذى يهز النوافذ، ويترك السكان يتميزون سخطا .

ينتج الدوى الصوتى عن موجات الضغط المكبوسة التى تصدر عن الجسم المتحرك فى صورة مخروط خلفه ، وتصبح الموجات - كما الصوت - أكثر انتشارا كلما ازداد بعدها عن الجسم . فاذا ما كان الجسم - قل مثلا - طائرة تحرك أفقيا ، فان مخروط موجات الضغط سيقابل سطح الأرض واسما خط سير خفى ، وان كان مسموعا ، يتوقف اتساعه على ارتفاع الطائرة نفسها . اما الفرقعة التى نسمعها ، فترجع الى موجات الضغط قرب حافة المخروط ، حيث تكون كثافتها أعلى ، لأنها الأقرب الى الطائرة التى تنتجها . فاذا كانت الطائرة تتحرك عموديا غدت النتيجة مختلفة . فهى ان كانت تهبط فلن يكون ثمة صوت يسمع الى أن ترتطم بالأرض ، عندئذ ستصل موجات الضغط - ليس كفرقعة واحدة - وانما كهدير طويل . وينفس الشكل ، اذا كانت الطائرة ترتفع بعيدا عنا فاننا لن نسمع سوى الهدير ، ولا فرقعة صوتية ، حتى وان كانت سرعتها تفوق سرعة الصوت .

وكويكبنا وهو يتجه نحو الأرض عموديا سينتج موجات ضغط تبدأ فى الوصول الى الأرض كهدير طويل مباشرة عقب الاصطدام ، وسيستمر وصوله عددا من الثوانى يعادل طول الرحلة التى قطعها الكويكب خلال الغلاف الجوى .

فى أربعينات هذا القرن ، عندما اخترقت الطائرات لأول مرة ما يسمى « حاجز الصوت » كان البعض يعتقدون أن هذا الحاجز لا يمكن تخطيه . كانوا يقولون ان الطائرة لو وصلت هذه السرعة فان الهواء يسلك سلوك الجسم الصلب فلا يمكن لأى طائرة أن تخترقه ، ثم ثبت بالطبع أن هذا غير صحيح وأن سرعة الطائرة يمكن أن تزيد عن سرعة الصوت . لكن الفكرة كانت تبدو معقولة فى ذلك الوقت . وظهر أن المشكلة تكمن فى اضطراب تيار الهواء فوق أسطح التحكم على أجنحة الطائرة وذيلها عندما تقترب من سرعة الصوت ، وما يتبع ذلك من فقدان السيطرة عليها . ولقد حلت المشكلة بالجمع ما بين تصميم للطائرة يضمن الاحتفاظ بالاندفاع السطحي للهواء فوق أسطح التحكم عند السرعات فوق الصوتية ، وبين محركات أقوى من كل ما صنع حتى أوائل الأربعينات . لم يحدث أن ابتكر الانسان قبلا جسما يتحرك خلال الماء بسرعة أعلى من سرعة الصوت . ان حاجز الصوت فى الماء سيكون حائلا أكثر صعوبة من زميله الهوائى .

سيرتطم الكويكب اذن بالماء ، فجأة ودونما تحذير ، وبذا سيسلك الماء سلوكا يقترب من سلوك الجسم الصلب ، فاذا كان لمحنة كويكبنا ان تزداد ، سقط فى الماء على بطنه . ومن المستبعد ان يخرج سليما من هذه التجربة . اننا نعرف ان النيزك الكبير الذى يرتطم بالأرض اليابسة يسبب حفرة ، لكنها حفرة ليس فيها من بقايا النيزك شيء . ومثل هذا المصير يحدث ايضا لأى جسم شبيه يسقط فى الماء . ولكن ، دعنا نذكرك ثانية اننا نتعامل مع واقعة غريبة عنا تماما .

ستحدث لا شك طرطشة هائلة . طبيعى ان الطرطشة هى المعادل المائى لعملية تكوين الحفرة التى نتوقعها على اليابسة . وفى مقدورنا ان نقدم تخمينا معقولا لسلسلة الأحداث التى شغلت المليونى الأخيرة من وجود الكويكب .

ما ان تقابل المياه حافة مقدمة الكويكب الا وتكون حركته قد بطأت . لكن بقية الجسم سيستمر فى التحرك بسرعة قريبة جدا من السرعة الأصلية . تنتقل هزة الاصطدام الى الخلف خلال الجسم ، لكن الموجات الناقلة ستتتحرك بسرعة الصوت ، وسرعة الصوت داخل الجسم ستكون أكبر بكثير من سرعته فى الهواء ، ولكن ، لما كنا نفترض ان الجسم يتحرك بسرعة تبلغ ٦٠ ضعف سرعة الصوت فى الهواء ، فمن المحتمل الا يتلقى الماء أية موجات ضغط أمامية ، لا ولن يتلقاها ايضا معظم باطن الكويكب .

تخيل ان شخصا قفز وجلس على ظهر الكويكب اثناء مروره بعيدا فى أعماق الفضاء كى يصل الأرض فى رحلة مجانية . تصور ايضا أنه تحمل تسخين الغلاف الخارجى لهذه الكتلة الصخرية الى حرارة تبلغ ثلاثة أضعاف حرارة الشمس . لن يقابل هذا الملاحظ ازعاجا طيلة الرحلة حتى لحظة وصوله الأرض على ظهر مركبته الفضائية الى أن تصله موجة الصدمة ، عندئذ سيصيبه الاحباط عندما يتبخر ويتبخر معه ما بقى من جواده الكونى المطهم . ستحدث هذه الواقعة الأخيرة بعد نصف ثانية تقريبا من اصطدام الحافة السفلية بالماء ، ولن يجد من الوقت ما يكفى كى يسجل لنا رسالة تفيدنا ، يصف فيها ما حدث .

سيتشوه الكويكب عندما تسطح حافته السفلية وتضغط فى تجويف يتشكل داخل الماء . لعلك تذكر ان الماء سيكون فى حالة غليان جنسونى اثناء اقتراب الكويكب ، وأن درجة حرارة الكويكب نفسه ستكون نحو ١٨٠٠٠ درجة مئوية . أما الضغط والحرارة داخل الشريط الذى يتقابل فيه الصخر مع الماء فسيسببان تفكك كل من الصخر والماء الى مكوناتهما الذرية ، كما ستؤين الذرات - أى تجرد من إلكتروناتها - لتكون سحابة

من البلازما • أما خصائص وسلوك مثل هذه السحابة البلازمية فستكون مختلفة كثيرا عن الحالات المألوفة للمادة ، حتى ليجدر بنا في هذه المرحلة من الواقعة أن نعتبر وجود ثلاث كتل لا اثنتين : هناك الجسم الجامد الذي ما زال لم يتأثر ، والماء الذي لم يتأثر بعد ، ثم البلازما التي تكونت حيث تقابلا • والبلازما غاز ، لكنه غاز ذو كثافة عالية ، وسيقذف بها الى الجانبين بعيدا عن مركز الاصطدام • سيفقد جزء كبير من الكويكب قبل ان يصل الى قاع البصر •

ان الاثر العام سيكون أشبه بما يحدث عندما تطلق رصاصة من مدفع هوائى على حائط من الآجر • ستتناثر شظايا القذيفة ، لكنها ستسبب أيضا نقرة في الصائط •

دعنا اذن نفكر في هذه النقرة - الحفرة • نحن نفترض أن الكويكب قد سقط في شمال الأطلنطى • منذ نحو ٦٥ مليون عام كان شمال الأطلنطى اضيق منه الآن • ربما كان عرضه عندئذ ، وفي اوسع مناطقه ، نحو ٢٠٠٠ كيلو متر • ولقد كان مثلث الشكل تقريبا • في شماله كانت القارات ما تزال متصلة ونحن لا نستطيع أن نقدر عمقه عندئذ ، غير أنه لما كان - وما يزال - يتسع لأن ثمة صفيحتين من الصفائح التكتونية تتحركان متباعدتين ليسد الفراغ بينهما بمادة وشاح الأرض ، فمن المعقول أن نفترض أن الأطلنطى القديم كان في عمق الأطلنطى الحديث - أى نحو ٤ كيلو مترات ونحن نعرف أيضا أنه اذا ما اصطدم بالأرض جسم له الطاقة التي حسبناها ، فإنه سيسبب حفرة على اليابسة قطرها نحو ٢٠٠ كيلو مترا وعمقها ٢٠ - ٣٠ كيلو مترا • أما في البحر فان عمق الحفرة سيكون أقل لأن الصخور التي تكون قشرة قاع المحيط اكدف من صخور قشرة اليابسة • على أن الجزء الأعلى من الحفرة سيتشكل داخل الماء •

سيتشكل الماء والصخر كرة نارية رهيبية الحرارة ، كثيفة للغاية ، تنتشر بسرعة على الجانبين والى أعلى ، لتعزى من قاع المحيط ما يقرب من مائتى كيلو متر قطر الحفرة • لو أن الكويكب كان يلف عند اختراقه للغلاف الجوى ، فان كرة النار البلازمية قد تلف هي الأخرى ، لتكون دينامو فائقا ينتج مجالا مغنطيسيا قويا • وسترتفع كرة اللهب الى أعلى ، لأنها تنتشر كما الهواء الساخن ، ولكن لأنه ليس ثمة اتجاه آخر يمكنها أن تتحرك فيه • سيخرج من المحيط نحو ١٢٥٠ بليون طن من الماء وتحمل الى الهواء •

قدر والتر الفارس حجم المادة التي يقذف بها خارجا في مثل هذا الاصطدام بنحو ٦٠ ضعف كتلة الجسم المصطدم • وعلى هذا فعلينا في

حالتنا هذه أن نفترض أن قدرا يقع ما بين ٦٠٠٠ و ٦٠٠٠٠ بليون طن من المادة قد قذف به في الغلاف الجوى ، ومعظمه في قاع المحيط . فاذا ما وضعنا في الاعتبار عمق الماء ، والكثافة الأعلى لقشرة قاع المحيط مقارنة بقشرة اليابسة ، فسنجد أن عمق الحفرة قد يكون ٣ كيلو مترات أو يزيد ، وربما كانت الحفرة أعمق كثيرا في فترة محدودة .

قد يبدو هذا القدر من المادة هائلا . حقا ، انه قدر هائل . لكن علينا أن نتذكر أن المحيط لا يشكل أكثر من مجرد غشاء على سطح كوكبنا . لو أن الأرض كانت مثلا في حجم البرتقالة ، فلن تمثل المحيطات أكثر من غشاء رقيق من الرطوبة فوق جزء من قشرتها ، ولن تكون الحفرة بأكثر من نقرة تافهة عليها - ليست أكبر من أحد المسام الموجودة على جلد البرتقالة . ربما ساعدتنا هذه المقارنة في تفسير ليس فقط حجم الأثر على سطح الأرض ، وإنما أيضا على هيئتها . أما المادة التى ستطرده من الحفرة فى صورة بلازما ساخنة كثيفة ، فستتخذ تقريبا شكل القرص . سيرتفع هذا القرص الى السماء فى شكل برميل هائل جدا - برميل من النار .

لا بد أنه ارتفع بسرعة كبيرة جدا ، كالبرق . وليس من المستحيل أن يكون قد وصل سرعة الاقلاط ، ليضيع جزء منه على الأقل فى الفضاء . وربما ارتفع قدر منه كبير الى المدى الذى يتخذ فيه مدارا حول الأرض ، هل يا ترى ليكون حلقة كتلك الموجودة حول زحل ؟ كان من الممكن أن يصنع شيئا كهذا لو أنه كان يحوى شظايا من مادة صلبة ذات أحجام مختلفة . فلو كان لمثل هذه الشظايا أن تتخذ مدارات ثابتة فان سرعات دورانها ستكون مختلفة ، كل حسب كتلته ، والأغلب أن تكون المدارات على ارتفاعات متباينة ، ومن شأن هذا أن يفصلها حتى تكون حلقة . ومن ناحية أخرى سنجد أن مادة البلازما ستتخذ صورة غبار دقيق يدور فى شكل سحابة .

عندما يقفز البحر الى السماء ، ستندفع أمواج المحيطات من حوله لتحل محله . ستمتلئ الحفرة بالماء فى دقائق . اندفاع جبار للمياه من كل ناحية يكون موجات ضغط تتداخل عندما تصغر محيطاتها . عندما تتلقى الأمواه المتدفقة من المركز ، سترتفع فى صورة انبجاس ثانوى هائل - من الماء هذه المرة وليس من البلازما . ما الذى يحدث عندما يلتقى الماء البارد بالصخر المصهور ؟ لا نعرف هذا بيقين ، لكننا نستطيع أن نقول بقدر من الثقة بأن الانبجاس الثانوى سيضم قدرا هائلا من بخار الماء الفائى السخونة .

ستسبب حرارة الاصطدام فى تطاير المادة عاليا فى الغلاف الجوى ، لتنشأ منطقة بأسفل ذات ضغط جوى منخفض للغاية . والفروض أن يستلزم هذا الفراغ . ولكن كيف ؟ لو أن ارتفاع الهواء والماء كان على

درجات الحرارة المألوفة لنا ، اذن لاستطعنا أن نتفحص الظواهر الجوية لهذه الواقعة ، لكن سحابة بالزما ترتفع سريعا هي شيء يتحدى كل خيالنا .

امامنا الآن صورة ، لاضطراب هائل ، لدوامة رهيبة من الهواء والماء فوق المحيط نفسه تمتد الى الشطآن على الجانبين ، لدوى رهيب يغلف فيه ضجيج الكويكب الهابط بالانفجارات النشاز ، لضوء أسطح من الشمس . يمكننا أن نتخيل سحابة ضخمة ، يبدو امامها انفجار القنبلة الهيدروجينية مجرد نفثة من دخان سحابة ترتفع فوق ساق سمكها مائتا كيلو متر تمتد الى ارتفاع عشرات أو مئات الكيلو مترات ، ثم ينبسط منها على الجوانب ذيل كثيف كما لو كان ثمة سقف خفي يحدها من أعلى ، سحابة من الضخامة حتى لتصبح في حد ذاتها غير مرئية لمن يرقبها من فوق الأرض ، يحتجب الجزء الأعظم منها خلف السحابة الثانوية المكونة من بخار الماء والغبار الذي حبسه الطروبوز ، تلك السحابة التي تشكل حدا لا تنخفض فيه حرارة الهواء بزيادة الارتفاع . من القمر ، ربما بدت الصورة كسحابة . أما بالنسبة للملاحظ فوق سطح الأرض بعيد عن موقع الارتطام أقلت من الهلاك ، فسيبدو الأفق وقد غمرته النيران ، ترتفع النيران ، ترتفع بأسرع مما يمكن لأي عين أن ترصد ، ليضيء السماء بأكملها برميل من نار !

امامنا الآن صورة ، وما أن تنبني الصورة في اذهاننا حتى نضطر الى أن نمحوها . اذا ما أن ينتشر الذيل الكثيف من الحطام على طول السماء وعرضها حتى يعم الظلام العالم بأكمله .

لا بد وأن كانت كارثة الاصطدام مرئية على مدى واسع ، لكن انحناء الكرة الأرضية سيحببها في النهاية عن الأعين البعيدة ، فلم تكن هذه لتري الاصطدام نفسه ، لا ولا حتى الوهج المنعكس من أسفل السحب الذي قد كان ليحذر بأن شيئا ما رهيبا يحدث في العالم . ولكن ، لن يمضي وقت طويل قبل أن تبدأ اشارات التحذير في الوصول .

سيبعث الاصطدام موجات سيزمية خلال الأرض نفسها ، وستكون هذه هي أول التحذيرات لأنها تسرى بسرعة تفوق سرعة الصوت في الماء أو في الهواء .

ثمة انماط عدة من الموجات السيزمية ، لكل منها سرعته المميزة . للموجات الأولية هي موجات ضغط تتحرك موازية لاتجاه الانتشار . أما الموجات الثانوية فهي موجات قص مستعرضة تتحرك تقريبا في زوايا

قائمة باتجاه انتشار الضغط . ولما كانت سرعة الموجات تزداد بازدياد كثافة الوسط الذى تنتشر فيه ، فإن كلا النمطين من الموجات يتبع سبيلا منحنيا خلال الأرض . تتحرك الموجات الأولية بسرعة أعلى قليلا من ٦٠٠٠ متر فى الثانية وحتى ١٠٤٠٠ متر ، أما الموجات الثانوية فسترى بسرعة نحو ٣٤٠٠ متر فى الثانية وحتى ٧٢٠٠ متر . ولما كانت الموجات الأولية تتحرك أسرع من الثانوية فإنها تصل مبكرة عن الثانوية . ثم هناك أيضا موجات سطحية ، وهذه تنتشر موازية لسطح الأرض ، بدلا من التحرك داخلها ، وسرعتها تبلغ ٤٠٠٠ متر فى الثانية . قد تصل الموجات الأولية والثانوية الى حدود لب الأرض لتنعكس ، كما يمكن أيضا أن تنكسر - مثلما يفعل الضوء ، وبذا فإن تتابع الاشارات التى تصل المحطة السيزمية التى تراقب الزلازل يصبح أمرا معقدا . سنهتم هنا فقط بالأفكار العامة ، كما سنتوخى البساطة فى الصورة التى سنقدمها .

لنتأمل خبرة مراقب يقف بعيدا عن موقع الاصطدام - على الجانب البعيد من الأرض ، على مسافة تبلغ نصف محيط الكرة الأرضية . ستصله الموجات الأولية بعد فترة تزيد قليلا عن ٢٠ دقيقة عقب الارتطام الذى سببها ، تليها الموجات الثانوية ، لتبدأ الموجات السطحية فى الوصول بعدما يزيد قليلا عن ٨٠ دقيقة من الصدمة . ستهتز الأرض اهتزازا محسوسا ، ولكنه على الأغلب لن يكون اهتزازا عنيفا لبعد موقع المراقب . ربما اهتزت الأشجار ، ولكنها على الأغلب لن تسقط . لن يكون الزلازل مجرد هزة واحدة ، وإنما سيكون هزينا طويلا يمكث ساعة أو أكثر تصل فيه الموجات الواحدة وراء الأخرى . ربما تكون الموجات السطحية أكثر عنفا مما نتوقعه فى الزلازل العادية التى تكون بؤرتها أعمق بكثير تحت السطح .

وبالرغم من انتشار طاقة الموجات بتحريك الصفور التى تسرى فيها ، إلا أنه من المحتمل أن يكون بها من الطاقة ما يكفى كى تقوم بأكثر من دورة لو حدث هذا فستبدأ الاهتزازات بعد نحو ٢٠ دقيقة من الاصطدام لتصل الى قممتها خلال الساعة التالية . ثم انها ستتوقف نحو ساعتين ونصف ، عندما تصل الموجات السطحية مرة أخرى فى دورتها الثانية . ستصل هذه من كل الاتجاهات ، ومن المحتمل أن يتسبب الاضطراب الناجم عن التقائها فى حدوث « صورة مرآة » مصغرة لصدمة الارتطام عند المنطقة من الكرة الأرضية المقابلة تماما لبؤرة الاضطراب .

أما المجموعة الثانية التى تصل من موجات الصدمة فستتحرك فى الماء ، وبذا فلن يحس بها المراقب اذا كان واقفا على اليابسة بعيدا عن

البحر • يتحرك الصوت في الماء العذب على درجة حرارة الغرفة بسرعة تبلغ نحو ١٥٠٠ متر في الثانية ، أما في مياه البحر الباردة فربما كانت سرعته ١٠٠٠ متر في الثانية • وبهذه السرعة تصل الموجات الى الناحية الأخرى من العالم بعد ١٠ ساعات أو أكثر قليلا • لن يكون لموجات الصوت هذه الا اثر مباشر قليل ، يمكن أن يراه المراقب على اليابسة • سيصبح لون سطح البحر أبيض ، اذ تتكون فوقه مباشرة طبقة من الرذاذ : وتظهر نفس هذه الظاهرة كتحذير أول عندما تنفجر قنبلة أعماق تحت سطح المحيط • أما داخل الأمواج نفسها ، فسيكون الأثر على الحيوانات البحرية مفاجئا • سيتصطم الكثير من الأسماك التي لا تستطيع أن تتحمل التغير المفجائي الحاد في الضغط • وستطفو جثثها على السطح أيا ما وإياها ، لتصبح غذاء لأكلات الجيفة ، بينما تهملها المفترسات التي تتطلب وجود الفريسة الحية لاستثارة شهيتها للقتل والالتهام • والكثير من الزواحف الحديثة من هذا الصنف • أما العزاء الوحيد فهو أن هذه الموجات تضعف بسرعة • ولما كان للأطنطى شكل المثلث تقريبا ، فإن الموجات ستتحرك فقط في اتجاه الجنوب • وقبل أن تصل خط الاستواء ستكون على الأغلب قد فقدت قدرتها على قتل الكائنات الحساسة تقريبا • قد تكون الصدمة محسوسة في المناطق البعيدة جدا ، بل وقد تكون مرئية ، لكنها لن تكون مؤذية •

ثم يصل الصوت • سيحتاج الصوت فترة تزيد عن ١٦ ساعة كي يصل الى الناحية الأخرى من العالم ، فموجاته تتحرك في الهواء بسرعة تبلغ ٣٤٤ مترا في الثانية •

على الأقل ، قد يصل الصوت • وهو اذا وصل فلن تصل موجاته المتحركة خلال الماء والهواء في شكل انفجار واحد ، وإنما في شكل دمة هدير عميق قد يستمر لفترة • وليس من المستحيل أن تلف موجات الصوت بضع دورات ، مثلما تفعل موجات السطح في تحركها خلال القشرة ، ليعود الصوت بضع مرات ، كصدى قيام الساعة • تضمحل موجات الصوت بسرعة الهواء ، ويتوقف مدى اضمحلالها على حرارة الهواء ، وعلى تردد الصوت نفسه • فالترددات الأعلى أسرع ضياعا ، وهذا هو السبب في سماعنا للأصوات البعيدة عادة كدممة ضوضاء ضعيفة • نعود الى حالة مراقبنا • الأغلب أنه سيعلم دمة عميقة جدا ، لأن الصوت في تحركه على مدى نصف محيط الأرض سيفقد نحو ٧٦٠٠٠ ديسيبل في الهواء الدافئ اذا كان تردده ١ كيلو هيرتز (أى ١٠٠٠ دورة في الثانية) ، فاذا كان تردده ١٠٠ هيرتز فقط فسيتم خفض بمقدار ٦٠٠٠ ديسيبل ، أما اذا كان التردد ٢٠ هيرتز فقط فلن يفقد أكثر من ٢٠٠ ديسيبل ، لكن هذا التردد أدنى من أن ترصده أذن آدمى •

وأخيرا ، تصل موجات التسونامى - موجات المد التى لا علاقة لها بالمد - لتغمر اليابسة محطمة فى طريقها كل شىء ، تاركة خلفها الدمار والخراب ، وتربة أجديبها التشيع بماء البحر المالح .

تنتج موجات التسونامى عن الصدمات السيزمية التى تتولد أسفل قاع البحر أو - فى حالتنا هذه - عنده . والحقيقة أنها موجات جاذبية تنشأ عن طرشة تنتج عادة عن تحرك مفاجئ فى قاع البحر . أنها مجرد موجات ضخمة كتلك التى تحدث فى « البانيو » ، وهى تتحرك ببطء ، فسرعتها لا تزيد عن ١٧٨ - ٢٢٠ مترا فى الثانية (نحو ٦٤٠ - ٧٩٠ كيلو مترا فى الساعة) ، وطول موجاتها فى البحر العميق المفتوح يبلغ كيلو مترا أو أكثر ، وارتفاع الموجة على السطح لا يزيد عن متر وقد يقل . وطول هذه الموجات وسرعتها مرتبطان : فكلما ازداد طول الموجة ازدادت سرعتها . وهى تتحرك ببطء لكن تقدمها أسرع بكثير من الموجات العادية - موجات المد - ويندر أن يلحظها البحارة . أنها تنطلق وسط اضطراب البحر ومعه ، وهى لا تغير سلوكها إلا إذا وصلت مياهها ضحلة . وكلمة تسونامى كلمة يابانية تعنى « موجة الميناء » . فإذا ما قيدها قاع البحر قصرت موجاتها ، وازدادت سعتها ، وقلت سرعتها - فتراكمت - لترتفع الموجة وتشكل حائطا من الماء قد يتحرك بسرعة تصل الى مئات الكيلومترات فى الساعة ، وهى سرعة تجعل هروب الكائنات الحية أمرا صعبا .

ويبلغ ارتفاع معظم موجات التسونامى ثلاثة أمتار أو أربعة - بالرغم من سمعتها الرهيبة ، وإن كان منها موجات أكبر بكثير . فموجات التسونامى التى أعقبت انفجار بركان كراكاتو عام ١٨٨٣ ، تلك التى أهلكت المناطق الساحلية على جانبي مضيق سوندا ، على بعد نحو ١٥ كيلو مترا من كراكاتو - هذه الموجات كان ارتفاعها ٢٨٤ مترا ، ولقد أمكن رصد موجات أخرى ، نتجت عن هذا الانفجار ، على الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية وفى هاواي ، ولكنها بعد هذه الرحلة الطويلة لم تسبب أية أضرار .

لكننا نتعامل الآن مع واقعة سيزمية أكثر عنفا يمرأحل من انفجار كراكاتو . لا شك وأن قد حدثت موجات تسونامى على شواطئ المحيطات بكل مكان فى العالم ، الأغلب أن ارتفاعها قد وصل مئات الأمتار ، أن لم يكن

كيلو مترات ، على الشواطئ الأقرب لموقع الاصطدام بأمريكا الشمالية وأوراسيا .

وعلى هذا فلا بد أن العالم كله قد اهتز عندما تحركت الموجات السيزمية من بؤرة الواقعة خلال صفور الأرض . ثم تبعثها موجات الصدمة التي تحركت خلال الماء . ليصل بعدها الصوت – عصف الانفجار وصداه ، وأخيرا تصل التسونامي لتسحق كل شاطئ مكشوف . لكن هذه ليست سوى الآثار الأولى المباشرة . ثمة آثار أخرى غيرها ، علينا الآن أن نتناولها .

الفصل السادس

السماء والبحر والصخر

ما أن تلاشت الآثار المباشرة للصدمة حتى ظهرت الآثار الثانوية .
ومثل هذه ستكون أقل مأساوية من الآثار المباشرة ، لكنها ستكون أهم
بكثير من وجهة نظر التطور .

ربما تكون الصدمة التي سرت الى كل مكان بالقشرة الأرضية
قد تسببت في تحركات أرضية ثانوية تؤدي الى زلازل أكثر وإلى زيادة
النشاط البركاني . على الفور تثور البراكين التي كانت على وشك الانفجار
أو التي كانت في سبيلها الى الانفجار على أية حال بعد بضع سنين . لكن
من المستبعد أن تظهر براكين جديدة أو تعود الحياة الى براكين خمدت
من زمن بعيد . ان البراكين هي التعبير الخارجى لتلك الضغوط التي تتراكم
في بطء شديد على أمد طويلة من الزمن بسبب تجمع المادة في غبيرة
للصهارة (الماجما) بعيدا عن سطح الأرض . اذ تقمع المادة نفسها -
الصهارة - تحت ضغط شديد جدا ، فتصبح ، برغم سلوكها تحت السطح
سلوك السوائل في نواحي عديدة ، سائلا دبقا كثيفا للغاية طالما بقيت تحت
السطح . ومن المستبعد جدا أن يعجل من هذه العملية أية صدمة على
السطح مهما بلغت قوتها .

اقترح فريد هوبيل - وقد ذكرناه سابقا ، فهو الرجل الذي وصف
نوايا المذنبات بأنها « كرات ثلج قذرة » - اقترح أنه اذا دخل شمال
الأطلنطي جسم قطره عشرة كيلو مترات بسرعة ٢٠ كيلو مترا في الثانية،
فانه يثقب قشرة المحيط ثقبا قطره نحو ١٠٠ كيلو متر . وهو يعتقد أن
موقع الصدمة كان على حيد وسط المحيط أو قريبا منه جدا ، وأن النشاط
التكتوني الذي نبهته الصدمة قد أدى الى ظهور أيسلنده .

ربما كان علينا أن نقول كلمة عن بنية الطبقات الخارجية من الجزء
الجامد من الأرض . من المعتقد أن الصخور العليا تشكل صفائح صلبة
- صفائح تكتونية - تتحرك على سطح وشاح من مادة تسلك سلوك السائل .

ومادة الوشاح باديء ذي بدء أكثر من الصفائح الصلبة التي تعلوها .
والحركة داخل الوشاح بطيئة جدا وتتحرك الحرارة فيه بالحمل الحرارى ،
تماما كالموائى المألوفة . وإذا ما تحرر الوشاح من الضغط العالى - كما
يحدث فى الانفجارات البركانية - فإنه يتدفق مثلما السائل ، لكنه سائل
يختلف كثيرا عما نفهمه عادة من كلمة « سائل » . أنه مثلا لا يشبه الماء
على وجه الإطلاق . وربما كان علينا أن نجد بديلا لكلمة « قشرة » ، لأن
الأرض لا تشبه على الإطلاق قشرة الفطيرة ، فهى غطاء صلب يغطى
سائل .

ثمة حد واضح بين قشرة الأرض والوشاح ، يطلق عليه اسم « حد
موروفيشيك » أو « موهور » ، اختصارا - على اسم الجيوفيزيقي الكرواتي
الذى اكتشفه . لكن علينا أن نتذكر أنه حد ما بين مادة عليا كثيفة ومادة
سفلى أكثر كثافة بكثير . وعلى هذا فعندما يتحدث هوبيل عن « ثقب
القشرة » فلا يجب أن نتصور ثقب قشرة فطيرة أو قشرة الثلج فوق بحيرة .
انما هو ازاحة للمادة العليا وحتى عمق يكفى لكشف المادة الأسخن
والأكثر . لو أن هذا قد حدث ، فلا شك على الإطلاق فى أن التقاء الماجما
الساخن مع ماء البحر البارد - أو حتى الذى يغلى - سينتج انفجارا
أخر هائلا ، عندما تندفع المياه لتحل محل ما ضاع فى سحابة البلازما .

على أية حال ، تقع أيسلنده على قمة حيد منتصف المحيط على قمة
بركانى طولى يثبت نفسه بما ينتجه من حمم ونيابيع حارة وطين يغلى . من
الصحيح أن أيسلنده لا تزال تنمو - ولقد ذهل العالم لما ثبت له هذا
عندما ظهرت جزيرة سيرتزي من المحيط قرب شاطئ أيسلنده منذ
عشرين عاما ونيف . وأيسلنده بالطبع موقع مثير بالنسبة للجيولوجيين
- لأنها ترقد فوق بركان طولى - ولقد درست دراسة ضافية ، فلم يعثر بها
على أية صخور عمرها يزيد عن ٦٥ مليون سنة . بزغت أيسلنده من
البحر عقب انفجار بركانى هائل حدث منذ نحو ٦٥ مليون سنة .

هذه حقيقة ثابتة ، سواء وافقنا هوبيل أو لم نوافق على أن ذلك كان
بسبب ارتطام كويكب ، أو أسهم فيه كويكب . قد تبدو فكرة هوبيل متوهرة ،
ولكنها ليست كذلك . ثمة كثير من الحفر الكبيرة التى تصوى جبالا فى
مراكزها - القمر ممتلىء بمثل هذه الحفر . هل نجروا على الافتراض بأن
أيسلنده البركانية هى مجرد جبل فى مركز مثل هذه الحفرة الأرضية ؟
لا أحد يعرف ، طبعاً ، لكنه احتمال مثير .

ربما ثقب الكويكب قشرة الأرض . تتكون قشرة المحيط من صخور
أكثر من صخور قشرة اليابسة ، وبذا فمن المحتمل أن تكون الحفرة

فى قاع البحر أضحل بكثير من الحفرة على اليابسة . اكتشف هذا الفارق بين كثافتى القشرتين عندما قورنت القوة المغناطيسية فوق النوعين . كان من المعروف عندئذ أن القشرة بقاع المحيط أرق سمكا من قشرة اليابسة .

نمة مناطق يبلغ فيها سمك قشرة اليابسة نحو ٤٠ كيلو مترا ، لكن متوسط سمك قشرة قاع المحيط هو ٧ كيلو مترات فقط . وعلى هذا فإذا كانت للصخور نفس الكثافة ، فإن الجاذبية ستكون أكثر قليلا فوق قشرة اليابسة عنها فوق قشرة قاع المحيط . لكن هذا فى الواقع ليس صحيحا . وهذا لايعنى إلا أن كثافة ٧ كيلو مترات من قشرة قاع البحر تعادل كثافة ٤٠ كيلو مترا من قشرة اليابسة . إذن ، فصخور قشرة قاع المحيط أكثر كثافة ٧ مرة من صخور قشرة اليابسة . فإذا كان الاصطدام كهذا الذى نعالجه الآن أن يسبب حفرة عمقها ما بين ٢٠ الى ٣٠ كيلو مترا فى قشرة اليابسة ، فعلى أولنا أن نطرح عمق الماء قبل أن نهتم بكثافة الصخر . عندئذ سنجد أن المعادلة لحفرة العشرين – الى – ثلاثين كيلو مترا على اليابسة هو حفرة عمقها ٢٨ – ٥٥ كم فى قشرة محيط تقع تحت أربعة كيلو مترات من الماء . هذه هى الحفرة النهائية ، لكن الأثر الفيزيقي للصدمة سيصل الى أعماق من هذا بكثير ، ربما الى عشرة كيلو مترات أو أكثر . لن يخرق الكويكب إذن صخور القشرة – فلن يتبقى منه إلا القليل – لكنه قد يحرر بعضا من مادة الوشاح عن طريق تبخير جزئى لصخوره السطحية .

لا بد أن الاصطدام قد سبب نقرة هائلة فى السطح . دعنا ننسى الآن أن ايسلنده قد تكون راقدة فى مركز حفرة ، ولنلتفت الى الحفرة نفسها . أين هى الآن؟ المؤكد أننا لابد أن نجد بعض الآثار لمثل هذه الواقعة الكارثة، شيئا أكبر من مجرد بعض التلوث الكونى فى صلصال التخوم .

لا نستطيع أن ننكر أننا اذا وجدنا حفرة لها الحجم والعمر الملائمان ، وفى الموقع المعقول ، فإن هذا سيعضد نظرية الاصطدام تعصيذا كبيرا . لكن غيابها لن يضعف النظرية الى الحد الخطير .

قد تكون الحفرة موجودة ولكننا لم نعثر عليها ، بل الحق أننا قد لا نعثر عليها أبدا . اذا ما كان الكويكب قد سقط فى المحيط العميق – كما نقترح – فسيصعب أن نجد الحفرة التى صنعها . ثمة خرائط ممتازة لدينا لقاع المحيط لم تكن موجودة من أعوام قليلة مضت ، لكنها تحوى الكثير من المواقع الفارغة ، وملء هذه أمر بطيء يكلف الكثير . صحيح أن شهيتنا النهمه للمعادن ، واحتمال وجودها فى المخزون الوفير بقساع المحيط قد يشجع شركات التعدين الباحثة عن الثروة ، فتسرع من دراسة هذا القاع وأن تدفع التكاليف ، لكن ، حتى مع هذا ، ستمر سنين طويلة

قبل أن ترسم خريطة للمحيطات في مثل وضوح خرائط القارات . ثم ان المعلم الذى نبحث عنه ربما يكون قد اختفى .

ان تزايد اتساع قاع شمال الأطلنطى ، الذى ظل وما يزال مستمرا منذ ما قبل نهاية العصر الطباشيرى ، يعمل على فصل القارات - لكن القارات التى نتحدث عنها هنا ستشمل أجزاء منها غرقت تحت مياه المحيطات : الرفوف القارية التى تشكل الحواف الواطئة للقارات نفسها . وهذه الرفوف تغمرها مياه تعتبر ضحلة ، مقارنة بالقاع العميق لوسط المحيط - وتغذيها أنهر تنقل لها الغرين ، وليس هناك من سبب يدعونا لنفترض أنها كانت منذ ٦٥ مليون سنة مضت أصغر مساحة ، أو أنها كانت ترقد عندئذ تحت طبقة أقل عمقا من الرواسب التى تصلها أساسا من اليابسة . لو كان هذا صحيحا ، فإن الماء الذى سيندفع ليملا الفجوة عقب الاصطدام سينقل معه بالتأكيد كميات ضخمة من رمال وطين منجرف من مناطق أخرى بقاع المحيط . وعلى مدى الخمسة وستين مليون عام التى مضت منذ ذلك التاريخ لا شك وأن قد وصلت كميات أكثر من الرواسب . فإذا كانت الحفرة تقع فى أعماق المحيط فمن الجائز أن تظل مخفية ، وإذا ما كانت فى المياه الضحلة على رف قارى فربما تكون قد دفنت تحت طبقة سميكة من الرواسب .

ولو كان الكويكب قد سقط على اليابسة كما يعتقد فريق الفارس ، فالأغلب أننا لن نجد لحفرته الآن أثرا . ستكون حافتها وقد تآكلت بسبب الجو ، وفجوتها وقد امتلأت ، والمنطقة من حولها وقد تسطحت ، وربما تكون قد التوت وانثنت نتيجة ما حدث من تحركات تالية فى قشرة الأرض . ان الحقيقة هى أن قشرة الأرض متقلبة لدرجة يصعب معها أن توفر سطحا سليبا يسمح ببقاء سجل ثابت لتاريخ مثل هذه الوقائع العارضة .

لا نعى بهذا أنه لا توجد مثل هذه الحفرة . فهناك الكثير من حفر الارتطام ، وبعضها قديم واسع . غير أن اكتشافها أمر صعب ، فالكثير منها لا يفصح عن هويته الا اذا صورت المنطقة التى يوجد بها من الجو ، عندئذ ستبدو كتشكيلات دائرية هائلة لا يستطيع الملاحظ على الأرض أن يكتشفها ، ان قد يحجبها مثلا كساء نباتى كثيف . ومن المشكوك فيه أن نستطيع أن نتبين ونحن على الأرض حفرة قطرها ٢٠٠ كيلو متر فى غابة استوائية بجنوب أمريكا ، بل اننا نحتاج حتى فى منطقة القندرا الكندية مثلا الى اقمار صناعية لنكتشف وجود حفرة اصطدام اذا لم نكن نعرف بوجودها مسبقا .

لتحرك الصخور اثر آخر . رأينا ان السطح الخارجى الصلب للأرض لا يتكون من مجرد طبقة وحيدة من المادة ، كالجلد ، وانما من عدد من

الصفائح ، المكونة من الصخور الجامدة ، تطفو على سطح مادة أكثر كثافة وأكثر مرونة . فتتحرك هذه الصفائح . ولأنها تتحرك - وبالرغم من أنها تهبط سبطحا متصلا للكوكب ، فليس ثمة ثقبوب بالقشرة - فالسطح يتبدل باستمرار . فى بعض المواقع تنزلق الصفائح بعضها على بعض - ودائما فى شكل هزات - وفى مواقع أخرى تتحرك الصفائح سويا ثم تتجمع احداها لتشكّل الجبال ، ثم ثمة مواقع أخرى قد تتركب فيها صفيحة ظهر المجاورة لها فينشأ حد - ضاغت عنده صفيحة - ضغطت ودفع بها الى اسفل ، الى وشاح الأرض ، حيث تصهر صخورها ليضيع منها أية سجلات قد تحملها ، وتحطم الى الأبد .

من المنطقى أن نفترض بأن كل المادة التى تكون قشرة الأرض سيدفع بها - بمرور الزمن - الى الوشاح لتحل محلها مادة جديدة . ويبدو أن الوضع كان هكذا طيلة تاريخ الأرض ، فليس ثمة منطقة وجدت من قاع المحيط يزيد عمرها على ٢٠٠ مليون سنة . وهناك فرصة معقولة - على مدى ٦٥ مليون سنة - أن يبتلع فى الوشاح معلم فى مكان ما بقاع المحيط يقع فوق حد صفائح مدمر . (وهذا لا يسرى على البحار الضحلة - كالبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال - التى نشأت فى منخفضات القشرة القارية لا فى قشرة المحيطات) .

ذكرنا سابقا أن شمال الأطلنطى ما يزال يتسع منذ ما قبل نهاية العصر الطباشيرى . أما سبب هذا الاتساع فهو حركة صفيحتين تتباعدان ، وفى حركتهما يمتلىء الفراغ بينهما بمادة جديدة من الوشاح ، وبذا يتجدد القاع على طول الزمن . وليس ثمة منطقة ابتلاع فى شمال الأطلنطى ، وليس ثمة جزء من القشرة يتحطم هناك . هكذا تبدو العملية هادئة ، لكن الماجما لا تصل السطح فى هدوء . ان ثورة مادة الوشاح - بالتعريف - هى حادثة بركانية . لو أن حفرة تكونت عبر منطقة اتصال الصفائح ، فإن حركة الصفائح ستقسم الحفرة الى قسمين ، ثم قد تندثر حوائط الحفرة بسبب الانفجارات البركانية ، ومن الجائز جدا أن يمتلىء المنخفض - لحد ما - بصخور جديدة . فحوائط حفرة كانت تتباعد بمقدار ٢٠٠ كيلو متر ، يصبح البعد بينها الآن ١٠٠٠ كيلو متر أو يزيد ، ثم اذا كانت الحوائط قائمة ، فسيصعب تمييزها من سلاسل الجبال الصغيرة تحت البحر .

طلبنا منك ان تقبل مؤقتا تأكيدنا بأن الكويكب قد سقط رأسيا تقريبا ، وأنه قد سقط فى شمال الأطلنطى . وسنقوم الآن بالدفاع عن زعمنا هذا .

لماذا نفترض أن الجسم قد سقط رأسيا ؟ فمن الجائز على أية حال أن يكون قد دخل الغلاف الجوى فى مسار منحرف بعض الشيء ، ليهبط

الى السطح بشكل أضحل • أيجوز أن يكون قد قام بأكثر من دورة حول الأرض قبل أن يسقط على سطحها ؟

لا بد أن نسألك أولا أن تتأمل هندسة الاقتراب • لعلك واجد أن أفضل طريقة للبدء هي أن تتخيل البدر كما يبدو من فوق الأرض • تأمل مشكلة أن تصيبه بقذيفة من بندقية معك • يبعد القمر عنا بنحو ٤٠٠٠٠٠ كيلو متر، وهو يمثل هدفا نصف كروي ، تماما كما ستبدو الأرض من بعيد بالنسبة لجرم يقترب منها • ان المسافة بين حافتي القمر التي ستصوب اليها قذيفتك زاوية ضيقة جدا • ستكون محظوظا بالفعل ان أنت أصبت القمر أصلا • ان احتمال أن تصيب مركزه ، أو أية منطقة قرب مركزه ، هو احتمال جد ضئيل حقا • والأغلب أنك قد تصيب مكانا آخر خارجيا قرب الحافة • ولأن الهدف هنا له ثلاثة أبعاد لا اثنان فان هذا يعنى أن وصول القذيفة سيكون بزاوية ضحلة بالنسبة للسطح •

يبلغ قطر الأرض ١٣٠٠٠ كم ، وعلى هذا فان مساحة نصف الكرة الأرضية يبلغ نحو بليون كيلو متر مربع • وهذا الرقم يبدو هائلا حتى بالنسبة لأقل الرماة مهارة • والهدف هنا من الحافة للحافة يبلغ أكثر قليلا من ٢٠٠٠٠ كم • غير أننا لا يصح أن ندخل كل هذه المسافة في حسابنا ، لأن أى جسم يقترب بسرعة عالية جدا نحو الحافة سيخطيء الهدف تماما ، على الأغلب • وبذا فريما كان لنا أن نسمح فقط بمسافة ٨٠٠٠ كم من مركز نصف الكرة كحد خارجى يمكن للجسم أن يصيبه عمليا • ان العامل الحاسم هنا هو طول الفترة التي تستغرقها القذيفة فى مسارها داخل الغلاف الجوى ، وهذا ما نستطيع حسابه • يبلغ العمق الراسى للغلاف الجوى نحو ١٥٠ كم • اعتبر أن هذا هو ارتفاع مثلث قائم الزاوية ، وأن طول قاعدة المثلث هي ٨٠٠٠ كم • هنا سنجد أنه اذا ما تحركت القذيفة على طول وتر المثلث فانها ستسير خلال نحو ٨٠٠٠ كم من الهواء وبسرعة تبلغ ٢٠ كم فى الثانية • وهذا سيستغرق نحو ٧ دقائق ، أما اذا تحركت فى مسار عمودى فلن تستغرق الا ٧٥ ثانية فقط •

عندما تخترق القذيفة الهواء ، سيتسبب احتكاكها بجزئيات الهواء فى تسخينها وفى فقدانها الحرارة ، وقد تتحطم • وتحرر قدر كبير من الحرارة الى الهواء يدمر الغلاف الجوى ، ان يسخنه بشدة ، مسببا التفاعلات الكيماوية داخله ، وتاركا به بعض مادته • ومن الصعب ان نتخيل كيف يستطيع أى كائن حي أن ينجو من انفجار هوائى كهذا • والانقراض كما نعلم لم يكن تاما ، فقد بقيت بعده كائنات حية ، وبقاء هذه الكائنات هو الذى يدفعنا الى القول بأن ما حرر من طاقة القذيفة فى الغلاف الجوى

نفسه كان قدرا أقل، وبذا فلا بد أن الزمن الذي استغرقته الفذيفة خلال الغلاف الجوى كان أقل ، وأن زاوية دخوله كانت أكثر انحدارا .

ماذا اذن لو كان الجسم قد ألقى به بالصدفة فى مدار لولبى حول الأرض ، فتنخفض زاوية هبوطه الى مجرد درجات قليلة ، كما تنخفض ايضا سرعته ، بحيث يسلك سلوك مركبة فضائية عائدة ؟ ولا بد أن تنخفض السرعة ، اذ يكاد يكون من المستحيل أن ينطلق جسم بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية فى مدار حول الأرض ، ذلك أن الجسم اذا وصل هذه السرعة فانه سيطير بعيدا الى الفضاء الواسع . وعلى هذا فاذا افترضنا أنه دخل فى مدار أخذ يتناقص حتى أوصله ببطء الى سطح الأرض ، فلا بد لنا أن نبتكر وسيلة ما تخفض من سرعته قبل أن يصل الى جدار الأرض . ونحن لم نتمكن من هذا ا ولو أن هذا قد حدث رغم كل شيء ، اذن لنجتمت عن ذلك نتيجة من اثنتين : اما أن يكون الجسم قد تحطم - وهو الأمر الأكثر احتمالا - وهو بعد على الحدود الخارجية للغلاف الجوى ، فانتثر الى سحابة من الحطام ، يسقط البعض منها فيما بعد ، واما أنه قد بطؤ للحد الذي يسقط معه كاملا على الأرض ، وعندئذ سيظل باقيا حتى الآن ككتلة ضخمة من المادة الصلبة .

ان تصورنا للأثار المباشرة الناجمة عن الاصطدام يرتكز على حسابنا لقدر الطاقة التى يحويها الكويكب ، فالجسم يحوى نفس القدر من الطاقة بغض النظر عن الزاوية التى اقترب بها من الأرض ، لأن هذا القدر تحدده الكتلة والسرعة . وفى مروره خلال الغلاف الجوى ، فالمحيط ، ثم فى قشرة الأرض ، سيفقد الجسم طاقته الى أن تنتهى جميعا آخر الأمر . فاذا افترضنا أنه دخل بزاوية ضحلة جدا فائنا نفترض أنه مكث وقتا أطول فى الهواء ، لينقل بذلك قدرا كبيرا من طاقته فى الهواء نفسه . ثم انه كان سيسخن كثيرا بالاحتكاك ، وربما ابتدا فى التكسر الى شظايا كبيرة ، تسقط كوابل على مساحات واسعة جدا . بل وربما أنهى وجوده ليس كانهفجار واحد ، وانما كحزام من الحطام منتشر حول الأرض ، وهنا ، لن يكون علينا أن نبحث عن حفرة ، فمثل هذا الوصول لن يصنع ثمة حفرة .

وليس من المستحيل أن يصل بهذه الطريقة مذنب - من ثلج معظمه - ولدينا فكرة عما سيحدث عندئذ ، ذلك أن منطقة تونجوسكا بسيبيريا قد خبرت مثل هذه الواقعة سنة ١٩٠٨ (ارجع للفصل الثانى) ، وفيها وجدنا فى جوار موقع الاصطدام عددا من الحفر الصغيرة يتراوح قطرها ما بين ٥٠ و ٢٠٠ متر ، لا حفرة واحدة - الشيء الذى يشير الى أن الجسم قد تحطم فى الهواء . فى تلك الواقعة قتلت الحرارة كل الحيوانات

فى منطقة بلغت ١٠٠٠ كيلو متر مربع . وتقدر كتلة هذا المذنب - الذى يعتقد البعض أنه السبب فى هذا الدمار بنحو ٥٠٠٠٠ طن فقط . والواضح اذن أن كويكبنا الأكبر حجما لابد وأن كان سيؤدى الى دمار أكبر بكثير .

سيفقد كويكبنا كل طاقته تقريبا فى الهواء نفسه ، فيسخن الهواء ، كما يسخنه الهواء . ومثل هذا التسخين الشديد - وتذكر أننا نتعامل مع طاقة ١٠٠ تريليون طن من مادة ت ن ت ، سواء أفردت عند الاصطدام أم لم تفرد - مثل هذا التسخين سيجعل الحياة مستحيلة ، وليس فقط بالنسبة للأنواع التى انقرضت ، وانما بالنسبة لكل كائن حي . سيحترق الكساء النباتى ، أما الحيوانات فستطبخ (بالمعنى الحرفى للكلمة) ، ولابد وأن كانت الكائنات الدقيقة ستحمص فى مواطنها المعقمة .

لا ، وليس هذا كل شيء . تشع النيران الصغيرة قدرا معينا من الطاقة ، لكن أثرها على المادة من حولها يحدث أساسا عن طريق النقل أو عن طريق التسخين البطيء نسبيا ، الذى يجعل المادة القابلة للاحتراق تدخن بلا لهب قبل أن تبتدىء فى الاحتراق . ومثل هذه النار تنتشر بسرعة على ما يبدو . لكن ، من الممكن أيضا أن تنتشر النار بأسرع حتى من هذا ، ذلك أنه إذا ما تجاوزت طاقة النار حدا معلوما ، غدت الحرارة المشعة من الشدة حتى لتبدأ المواد البعيدة عنها فى الاشتعال ، مضيئة بذلك الى كمية الاشعاع الحرارى . ان هذا الاشعاع هو ما يقوم بنشر النيران . وتكون النتيجة أن تمتد النار فى لمح البصر - كالانفجار . عرفنا مثل هذه النيران - ففى الحرب العالمية الثانية كان للقذف المركز للمدن بالقنابل الحارقة هذا الأثر الرهيب . ومن المحتمل جدا أن يكون الاحتراق الهائل الذى حدث فى تونجوسكا قد نتج عن واقعة لانتشار النار بالاشعاع . فإذا ما كان لكويكب ضخيم أن ينقل طاقته الى الغلاف الجوى - وتذكر أن حرارة سطحه كانت ثلاثة أمثال حرارة سطح الشمس - فمن المستحيل أن يبقى على وجه الأرض كائن حي . بل الحقيقة أن الغلاف الجوى قد يحطم هو الآخر .

لكنه لم يحطم - هذا ما سنثبتته الآن . صحيح أن الأثر على الكائنات الحية كان فاجعا ، لكن البعض قد نجا . استمرت الحياة . وعلينا اذن أن نحصر الكارثة لتصبح واحدة مما يمكن النجاة منها .

ثمة صعوبة أخرى تواجهنا فى نظرية الهبوط الضحل . فحتى لو تصورنا الجسم وقد دخل بطاقة أقل بكثير فلم ينفجر بعنف فى الهواء (كما نتوقع إذا ما اقترب مذنب فى مسار مواز تقريبا لمدار الأرض نفسها ،

وبسرعة نسبية منخفضة) فانه لن ينشر ما يكفي من معدني الايريديوم والأوسميوم بالشكل الذي نجده . ان اقترابا طويلا ، يتشظي فيه الكويكب فيصل الأرض دون اصطدام كبير ، سينتج عنه توزيع مادة هذا الكويكب في مساحات محددة - اما في منطقة بذاتها أو ربما في صورة حزام حول العالم أو عبر قارة أو محيط ، ولكن يصعب أن نفهم كيف يمكن له أن ينثر نفسه - كما فعل - فوق الكرة الأرضية بأكملها . فاذا كان هذا قد حدث برغم ذلك ، فان علينا أن نراجع أفكارنا عن تركيب المذنبات كي نسمح بوجود القدر الذي نعرفه من المعادن . وهو أمر على أية حال أقل لا معقولة مما قد يبدو ، وسنعود اليه في الفصل العاشر .

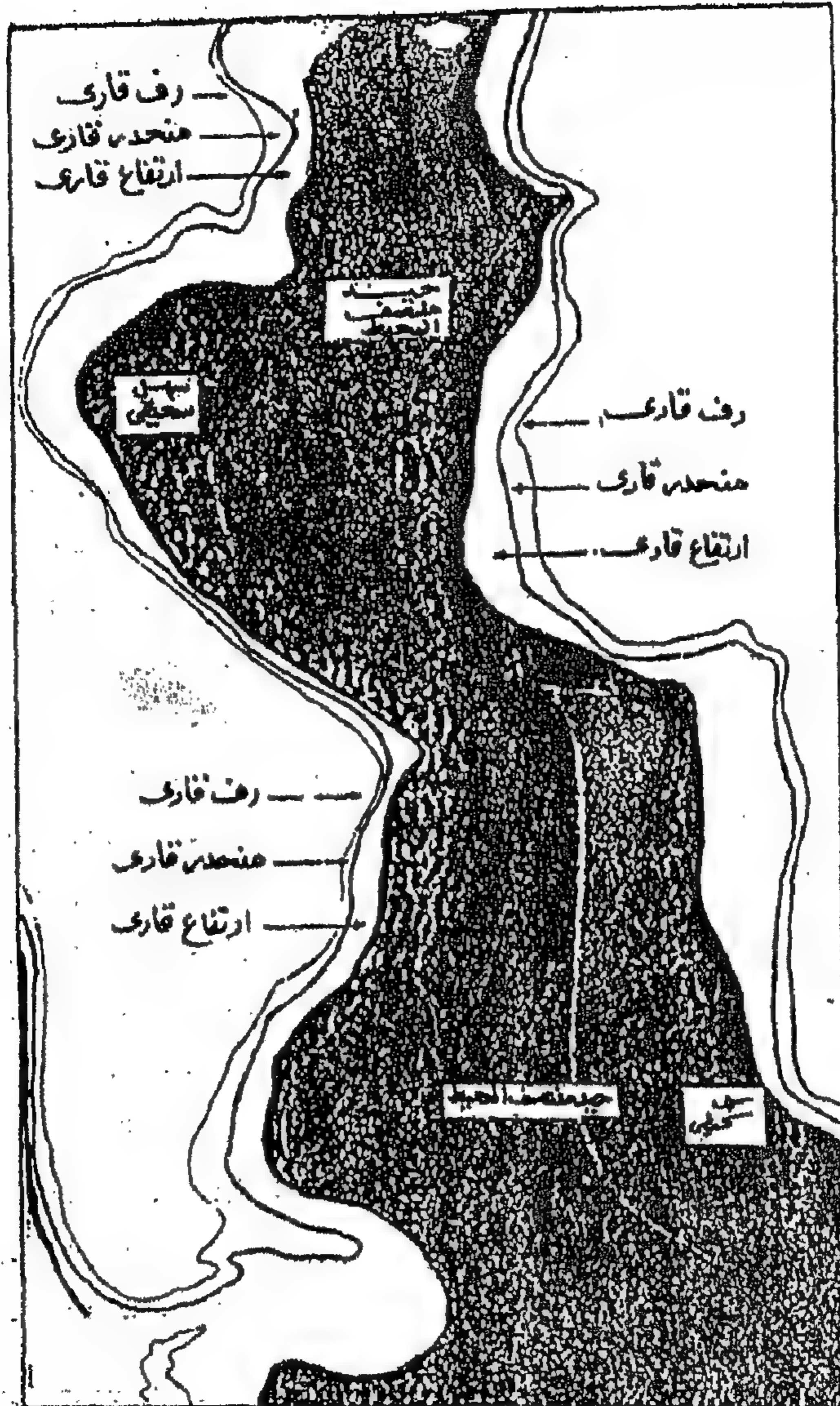
نخلص من هذا اذن الى أن الجسم قد اقترب من الأرض بزاوية شديدة الانحدار ، وأنه قد تحطم عند الاصطدام ، وأن الاصطدام قد تسبب في حفرة ، بالرغم من أننا لم نعثر لها على أثر .

لماذا افترضنا أنه سقط في شمال الأطلنطي ؟ دعنا نرجع الى توزيع المعادن الثقيلة في صلصال التخوم . لعلك تذكر في مشروع الحفر العميق بالبباسيفيكي أن صلصال التخوم باللب كان غنيا جدا بهذه المعادن . ولقد كان الصلصال بنيوزيلنده أغنى من هذا ، ثم أنه كان أكثر ثراء في اسبانيا وايطاليا . أما في الدانيمرك فقد كان ثراء الصلصال بهذه المواد أكبر بشكل هائل . كان صلصال نيوزيلنده في الواقع يحوى من هذه المعادن ٢٠ ضعفا لمتوسطها في قشرة الأرض ، أما الصلصال الايطالى فكان يحوى ٣٠ مثلا ، لكن صلصال الدانيمرك يحوى ١٦٠ ضعفا أو أكثر . ان تصورنا لما حدث لابد أن يفسر هذا التباين : ونحن نعتقد أن سقوط الجسم في شمال الأطلنطي يفسر هذا .

دعنا نرجع الى سحابة البلازما الهائلة التي تركناها ترتفع فوق موقع الاصطدام . ماذا سيحدث لها ؟ ماذا سيحدث للمياه المندفعة ، عندما تلاقى الصخور المنصهرة . اننا لا نستطيع أن نعرف ما قد يحدث تحت ظروف كهذه - لا ولا نستطيع حتى أن نخمنه . لم يقم أحد - لحد علمنا - بدراسة ظواهر السحب البلازمية ! ان دراسة الظواهر الجوية للهواء الأرضي العادي فيها من التعقيد ما يكفي دون أن نضيف اليها ديناميكا المغنطيسية المائية ! ان علينا أن نكتشف مثلا ماذا يكون أثر جذب الغازات نحو منطقة منخفضة الضغط ، تحاول فيه قوة كوريوليس (القوة المتعامدة على اتجاه الحركة الناتجة عن دوران الأرض) أن تحولها الى اتجاه ، بينما يحاول مجال مغنطيسى شديد أن يحولها الى اتجاه آخر . قد يحدث أى شيء . أما الشيء الوحيد الذى نعرفه مؤكدا فهو أنه أيا كان ما حدث فان نتائجه لم تكن مما تهزج له الكائنات الحية .

دعنا نفترض أن جزءا من مادة الكويكب نفسه قد قذف بها فى مدار حول الأرض . وأن جزءا آخر قد احتجز أعلى الغلاف الجوى ، بينما بقى جزء ثالث الطروبيوسفير (انظر صفحة ١٢٩) من الواضح أن الطاقة اللازمة لحمل هذه الأجزاء الى مواقعها ستزداد بازدياد بعدها ، وبذا فقد يكون القسم الأكبر من الطاقة من نصيب الجزء الذى دخل فى مدار مع سحابة البلازما أو بقاياها . ماذا حدث لكل هذه المواد ؟ بالنسبة للجزء الدائر فى فلكه : سيهبط فى بطن ، على فترة تصل الى سنين ، فى شكل سحابة تغلف الكرة الأرضية بأكملها ، أو فى صورة حلقة - تبعا لطريقة توزيع المادة فى مدار حول الأرض ، فلا بد أن نوافق على أنها قد هبطت، إذ لا يوجد الآن ثمة مدار كهذا . أما المادة الموجودة فى أعلى الغلاف الجوى فلا بد وأن قد سقطت بالمدرج - ولكن قبل هبوط المادة المدارية - لتوزع بالتساوى حول الأرض ، وإن كانت قد تجمع فى أحزمة عرضية مميزة . وسيكون سقوط المادة بالغلاف الجوى السفلى هو الأسرع . وما نعرفه عن الغبار المتساقط - من مداخل المصانع ، ومن الانفجارات الذرية، ومن البراكين - يدفعنا الى الفرض بأن معظمها سيسقط على مقربة من المنطقة التى أطلق منها فى الهواء . تتناقص كثافة الغبار المتساقط بسرعة بازدياد البعد عن موقع الاصطدام . والأكثر من ذلك أن المادة الأقل طاقة بأسفل الغلاف الجوى ستبرد بسرعة لتصل الى درجة حرارة تكثف بخار الماء الموجود داخلها . لكننا لا نستطيع أن نعطي وصفا موثوقا به لحالة الهواء فوق المحيط عقب ارتفاع برميل النار ، بسبب الصعوبة التى نلاقها مع حسابات ظواهر البلازما ، لكننا نعرف أن الهواء قد عاد الى طبيعته ، ربما بعد فترة قصيرة ، وأن الأمطار قد غسلت جزءا كبيرا من الغبار الموجود بالهواء .

لن نضل كثيرا اذا تصورنا الواقعة حادثة لاطسلاق رصاصة من بندقية : تنطلق الرصاصة من البندقية ، وسيلمع أيضا وميض عند الفوهة - بعض من لهب يتألف من نواتج الاحتراق الساخن لانفجار البارود . وميض الفوهة يمثله فى حالتنا هذه سحابة البلازما وهى تقفز الى أعلى داخل الغلاف الجوى ، حاملة معها ما يوازى نواتج الاحتراق - وهى الآن معظم المواد التى يتكون منها الكويكب بالاضافة الى ماء البحر . أما الحلقة نفسها فتمثلها الملفوظات - نعى ماء البحر وصخور قاع المحيط التى قذف بها فى الهواء . ثم ان وميض الفوهة سيترك البندقية بسرعة أعلى من سرعة القذيفة . لكن الى هنا تنتهى أوجه الشبه ، لأن سحابة البلازما تحتفظ بمعظم طاقة الواقعة . وستسقط الملفوظات ثانية فى البحر . لتتحرك الى المناطق الساحلية للقارات على الجانبين ، كما أنها ستسقط بسرعة كبيرة . أما سحابة البلازما فستتكتف . فإذا افترضنا أن مركزها



هذا هو قاع المحيط الاطلسي كما نجده اليوم ، يمتد
 بوسطه جرد الاطلسي وتستقر ايسلنده شماله .

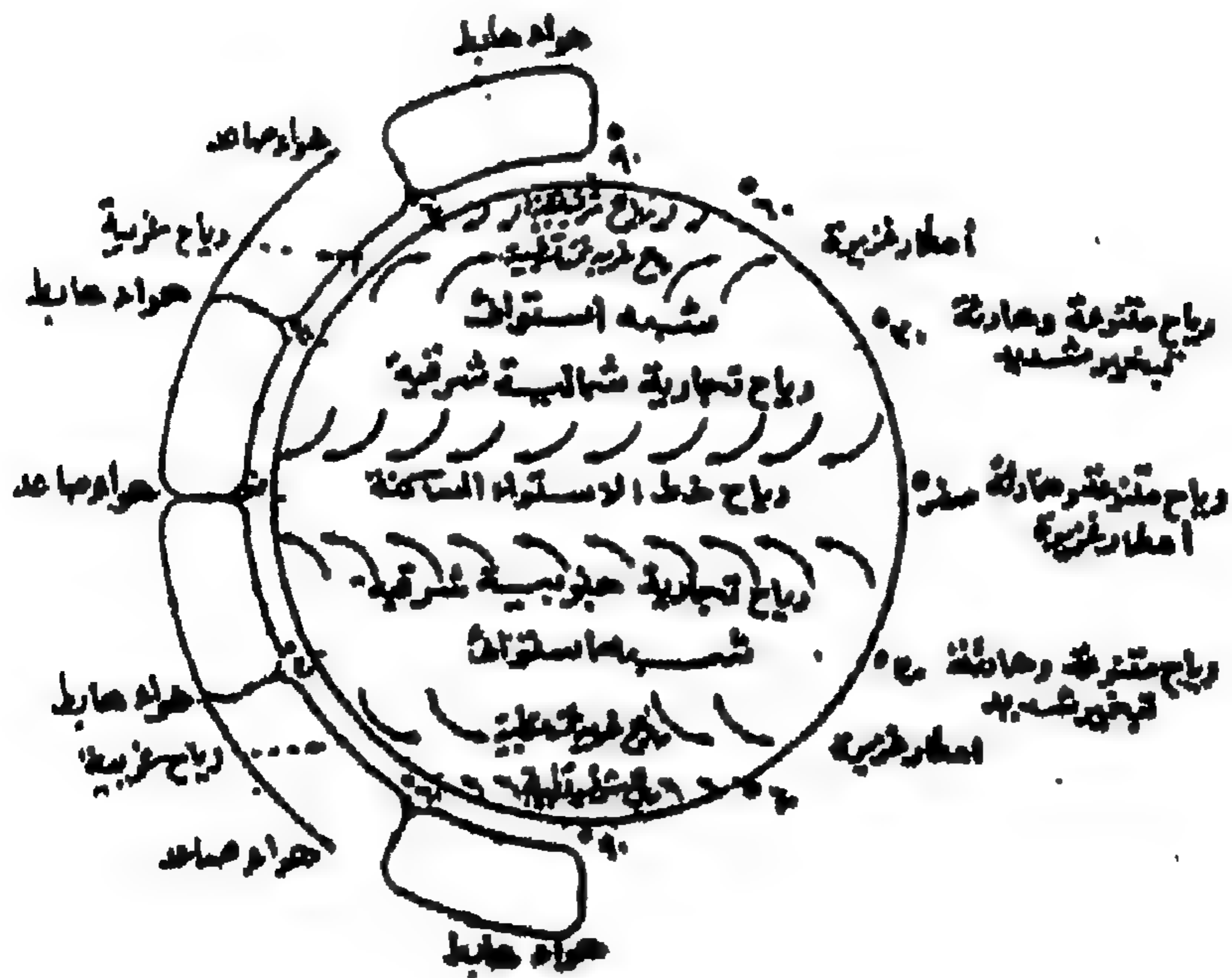
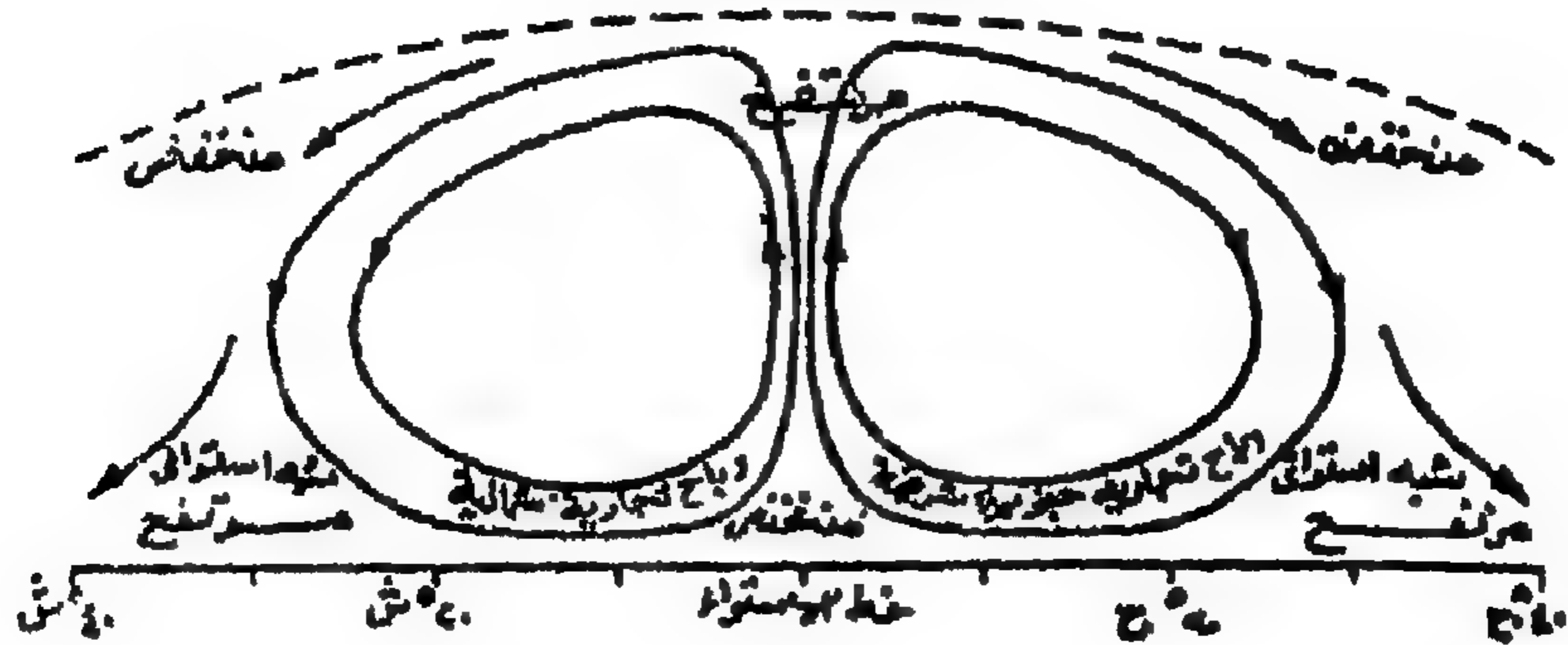
كان كثيفا جدا ، فلنا أن نتوقع أنها ستتكتف الى قطرات كبيرة ، وهذه ستهبط بسرعة ، قريبا من موقع الاصطدام .

وعلى هذا فإن غبار الحادثة سيتوزع في تركيز عال نسبيا حول موقع الاصطدام ، ليتناقص التركيز بسرعة كلما ابتعدنا عن الموقع ، ثم ينتشر بالتساوي قريبا حول بقية الكرة الأرضية غير أنه بالرغم من الفسار الواسع في التركيز بين المادة القريبة من موقع الاصطدام وتلك الموجودة بعيدا عنه ، فسيصعب تفهم السبب في ذلك الشذوذ الواضح الذي نجده عندما نقارن الصلصال بالدانيمرك وأسبانيا وإيطاليا . علينا أن نكتشف آلية تسبب تركيز الغبار بعد سقوطه على السطح . يمكننا أن نتخيل آلية كهذه تعمل بالمحيط ، لكن حدوث مثل هذا التركيز في المادة التي سقطت على الأرض الجافة يتطلب عملية أكثر تعقيدا ، ستكون على العموم أقل اقناعا .

ان الأسهل أن نفترض أننا نتعامل مع حادثة وقعت في نصف الكرة الشمالي ، لأن أعلى تركيزات الحطام توجد بالنصف الشمالي للكرة الأرضية . ليس من المستحيل أن تكون الحادثة قد وقعت بالنصف الجنوبي لكن حركة هواء الطروبوسفير ضعيفة عبر خط الاستواء ، ونحن نحتاج الى حركة الهواء لنقل الغبار . قد نجد وسيلة نفسر بها مثل هذا النقل في هذه الحالة الخاصة ، لكن الحاجة الى نقل المادة الى النصف الآخر للكرة الأرضية ثم تركيزها بعد ذلك ، هو قمر لا شك سيضعف المصدقية . دعنا نتفق إذن على أن الحادثة قد وقعت بنصف الكرة الشمالي ، ودعنا نتفق أيضا على أننا نتعامل مع حادثة وقعت بالبحر . ولما كان الشذوذ (نقصد الفارق في تركيز الايريديوم والأوسميوم بالمناطق المختلفة التي فحصت) موجودا فقط في أوروبا ، ولا يوجد في أية منطقة أخرى ، فمن المعقول أن نفترض أن البحر الذي وقعت به الحادثة هو منطقة شمال الأطلنطي . والدانيمرك بالطبع ليست في شمال الأطلنطي . وهي لم تكن فيه منذ ٦٥ مليون سنة مضت . إذن ، كيف وجد كل هذا الكم الوفير من الحطام طريقه الى الدانيمرك ؟

لكي نجيب على هذا السؤال علينا أن نتذكر أن صلصال التخوم في الدانيمرك مشهور باسم «الصلصال السمكي» فهو يحوى العديد من البقايا الحفرية للأسماك ، ويحوى منها أكثر من غيره في معظم المواقع . فهل كان هذا مكانا تسبح اليه الأسماك كي تموت - مثل مقبرة الأفيال الأسطورية (غير الحقيقية) ؟ الواضح أن هذا ليس صحيحا ، فالأسماك لا تسبح لتموت في مأوى مفضل . هل كانت الظروف في البحر - الذي كان عندئذ الدانيمرك - قاتلة للأسماك التي تدخله ، كأن يكون ساما مثلا ؟ مرة

المرويو بيون .



شکل (۵)

رسمان يوضحان التحركات الرأسية والأفقية للغلاف الجوي للأرض .
لاحظ في كلا الرسمين أن قدرًا ضئيلاً فقط من الهواء يعبر خط الاستواء

أخرى ، هذا أمر مستبعد لأن الأسماك مجهزة بجهاز على الحساسية يسهل أمر بقائها بعيدا عن المياه السامة . قد تقع حقا فى شرك ماء يسممها بعد دخولها فيه ، لكن ، يكفى أن يحدث هذا مرة واحدة لتجنبه الأسماك . ليس أمامنا إلا تفسير واحد . تموت الأسماك حيث توجد ، ومعظمها يموت فى المحيط ، ثم تقوم تيارات المحيط والتيارات المد ينقل الجثث بعد الموت الى الدانيمرك . ان هذه آلية لا تزال تعمل حتى اليوم . فما بين الفينة والفينة يجذب الصيادون صيدا من أسماك ميتة ومتعفنة ، هى فى الأغلب بقايا صيد سابق ، تخلص منه آخرون بالقائه ثانية فى البحر ، ثم نقل وركز فى منطقة معينة . فاذا كان للحركة الطبيعية للمياه أن تنقل الأسماك الى « جبانة » بعينها ، فمن الممكن أن تفسر نفس هذه الآلية نقل الحطام ، الهابطة فى الماء كجسيمات دقيقة ، ربما فى بطء .

أى نوع من البحار اذن كان هذا الذى يغطى الدانيمرك ؟ لابد لنا أن نفترض بحرا تتدفق اليه المياه ثم لا تخرج ، أو تخرج منها كميات ضئيلة . قد يبدو هذا بعيد الاحتمال ، لكنه فى الواقع أمر شائع للغاية . فالبحر الأبيض المتوسط الحالى تدخله المياه المالحة من خلال مضيق جبل طارق ، كما تصب فيه مياه الأنهار العذبة ، أما البحر نفسه فلا يفقد الماء الا بالتبخير . يتبخر اذن ماؤه من السطح ليعوضه الأطلنطى ، لكنه لا يعيد الى الأطلنطى الذى يغذيه الا القليل جدا من الماء ، ان كان يعيد شيئا على الإطلاق . أما تبادله للماء مع البحر الأحمر خلال قناة السويس فيتم فى أدنى الحدود . ان الأمر يتطلب من البحر الأبيض ثمانين عاما كي يجدد نفسه ، أما البحر الأسود - الذى يغذيه البحر المتوسط - فيجدد نفسه بمعدل أبطأ من هذا .

والبحر المتوسط هو ما يسميه برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة باسم « البحر الاقليمي » ، نعى أنه بحر ضحل يكاد يحاط تماما باليابسة ، وهو ليس الا واحدا من العديد من البحار الاقليمية . ولكى نتفهم لماذا يسبب التلوث خطرا استثنائيا بالنسبة لهذه البحار دعنا نفحص بعناية موضوع ملوحة البحر الأبيض . فبالقرب من مضيق جبل طارق - حيث تدخل مياه الأطلنطى - سنجد الملوحة مساوية تقريبا للملوحة المحيط الواسع لكن الملوحة تزداد بشكل واضح كلما اتجهنا شرقا ، لأن تبخر المياه من السطح يركز الملح فى الماء المتبقى . ولما كان هذا هو ما يحدث للملح ، فلا شك أنه يحدث أيضا بالنسبة للملوثات ، وهذا بالفعل ما يحدث . فهى تركز أيضا .

من الجائز أن يكون بحرنا الدانيمركى القديم من هذا الصنف . فالأسماك الميتة ، والتلوث الكويكبى ، وكل ما لا يستطيع السباحة فيقرر بنفسه التوجه الى هناك ، هذه جميعا قمينة بأن تسحب الى هذا البحر لتدفن

فيه • ولا يلزم أن تكون العملية سريعة • ثمة متسع من الوقت • كان المناخ معتدلاً في نهاية العصر الطباشيري • ويكاد يكون من المؤكد أن متوسط درجة حرارة الهواء فوق هذا البحر كان هو نفس المتوسط الآن فوق البحر الأبيض ، بل وربما أعلى • كان الماء يتبخر من السطح ليحل محله ماء المحيط ، وتجمعت بالقاع تلك المواد التي نقلها الأطلنطي •

في طين القاع لا بد وأن قد ثبت التحلل الطبيعي الذي تقوم به الميكروبات الهوائية • ونحن نعرف هذا بسبب وجود أحافير الأسماك • فلو أن الأسماك قد تحللت بالطريقة العادية لما بقي منها شيء ليتحفر • لا بد وأن كان الماء وقد نزع منه الأكسجين ، وربما كان راكداً ، وكان النشاط بالطين مختلفاً • ولا بد وأن كان ثمة نشاط ، فغياب الأكسجين في حصد ذاته ليس بالعقبة أمام أعداد كبيرة من أنواع الكائنات الدقيقة ، تلك التي عمر أسلافها العالم قبل أن يكون له هذا الجو الغني بالأكسجين • ستعمل هذه الميكروبات على محتويات الطين ، لتطلق إلى سطح الماء غازات تبقي كريهة الرائحة ، وبعملها هذا قد تحرك المعادن التي لا تحتاجها ، تاركة أياها في مواقع خاصة • إن قيام الميكروبات بتركيز المعادن أمر موثق جيداً ومعروف - تحت نفس هذه الظروف بالتحديد ، التي نفترض وجودها في البحر ، الذي ردم في نهاية الأمر ، وجف ، ليصبح الدانيمارك • اننا لا نقول إن الاصطدام قد حدث فيما هو الآن الدانيمرك ، انما نقول إن البحر الذي كان موجوداً آنذاك مكانها قد جمع الغبار من مساحة كبيرة من الأطلنطي •

من الممكن أن تترسب في شمال الأطلنطي مادة نتجت عن حادثة وقعت في مكان آخر • يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد مكوناً خلايا ، هي نموذج للحركة العمودية • ونحن نعرف مواقع هذه الخلايا في زماننا هذا ، ولكننا لا نعرف شيئاً عن مواقعها في الماضي السحيق • فالمادة التي رفعت في الماضي قد ترسب في أي مكان • إذا أخذنا هذا في الاعتبار فعلياً أن نبحث عن مواقع اصطدام أخرى محتملة • وأول هذه المواقع هو بحر تيثيز ، الذي كان مغلقاً خلال العصر الطباشيري - ويقع بين شبه الجزيرة العربية وأوراسيا • ولقد اختفى هذا البحر تماماً نتيجة تصادمات الكتل القارية • ليس هناك الكثير مما يمكن قوله عن حفرة بهذا البحر ، سوى أنه قد اختفى من الوجود منذ ملايين السنين • أما الاحتمال الثاني فهو البحر التيرهيني في حوض البحر المتوسط ، الذي تحده إيطاليا وصقلية وسردينيا وكورسيكا ، وفي مركزه توجد واحدة من أعرق مناطق البصر المتوسط • والصخور حوله تحمل معالم منشأ غير عادي ، ونعني بهذا عادة منشأ ناتجاً عن نشأ بركاني عنيف حول البحر استمر طويلاً • ولكن ، هل التاريخ البركاني لمهد الحضارة الغربية هذا هو التفسير الأوحى ؟ إن

الفكرة مثيرة ، ولكن ، لأننا لا نستطيع أن نعرف شيئا عن طريقة تحرك المادة الى الأطلنطى ، فى الوقت الذى نستطيع فيه أن نبتكر طريقة تتحرك بها المادة من الأطلنطى الى الدانيمرك ، فاننا نفضل فكرة أن يكون مكان الاصطدام قريبا من حيد منتصف المحيط .

لدينا تحليل اذن لتركيز المعادن المرتفع جدا بالدانيمرك ولتوزيعها الأكثر توازنا فى بقية أنحاء العالم . ولقد حان الوقت كى نعود الآن لفترة ما بعد الاصطدام بقليل .

ما زال عمود النار والذيل الكثيف أعلاه حيث تركناهما ، وان كنا قد أزلنا من الغلاف الجوى السفلى قدرا كبيرا من المادة وأعدناه الى البحر . لكن ، ماذا عن الغلاف الجوى العلوى ، والحيز الداخلى ؟ سيكون به قدر ضخم من المادة ، حتى ليصحب ضوء الشمس تماما . سيحل الظلام على الأرض ، أو على الأقل فوق الجزء الأقرب الى منطقة الاصطدام . عندما حدث انفجار كراكاتوا عام ١٨٨٣ كان على الناس على مدى يومين ونصف أن يستخدموا المصابيح أثناء النهار ، وذلك على مدى منطقة نصف قطرها ٨٠ كيلو مترا . ما طول الفترة التى خيم فيها الظلام عقب هذا الاصطدام الطباشيرى ؟ وما حجم المنطقة التى حلت فوقها الظلمة ؟

صعب جدا أن نعرف هذا . يلزمنا عند معالجة أية ظاهرة مناخية أن نهتم بخط العرض الذى وقعت عنده الحادثة . تقع كراكاتوا فى المنطقة الاستوائية . واثر الغبار والرماد بهواء المناطق الاستوائية على المناخ أكبر بكثير من اثره عند خطوط العرض الأعلى ، ويرجع هذا الى سلوك الكتل الهوائية . فالهواء الذى يسخن بالمناطق الاستوائية يرتفع الى أعلى ليحل محله هواء أبرد . ولما كان الهواء الأبرد موجودا على جانبى خط الاستواء ، فانه يتحرك نحوه من الشمال ومن الجنوب ، وبذا تحدث دورتان مميزتان واحدة بنصف الكرة الشمالى والأخرى بالجنوبى . ثمة قدر بسيط من خلط الهواء يحدث حيث تلتقى - متواجهتين - كتلتا الهواء . فالمادة التى تدخل الغلاف الجوى لأحد نصفي الكرة الأرضية قد تحمل نحو خط الاستواء ، ولكنها على العموم لا تعبره . لكن هناك استثناء . ذلك أنه اذا دخلت المادة الستراتوسفير قريبا من خط الاستواء، وبها من الطاقة ما يكفى ، فقد تحمل عبر الخط الى الناحية الأخرى . عندئذ تتوزع المادة فى نصفي الكرة الأرضية كليهما . تدخل المادة اذن نظام الدوران الاستوائى الذى يحمل الهواء أساسا من خط الاستواء واليه ، وبذا فقد تحمل الى خطوط العرض المتوسط ، حيث يعمل نظام دوران آخر شمالى - جنوبى . فاذا كانت المادة مما يؤثر فى المنساج ، فسيعم تأثيرها مناخ الكرة الأرضية كلها . أما اذا دخلت المادة الغلاف

الجوى عند خطوط العرض العليا ، فمن الجائز جدا أن تظل حبيسة موقعها ، لتؤثر فقط فى مناخ نصف الكرة الأرضية الذى توجد به . بعد أن ذكرنا هذا ، علينا أن نتذكر أننا نتعامل مع حادثة أكبر بمراحل من انفجار كراكاتوا ، وبذا فإن ما نفقده فى المدى ، سنكسبه فى الوفرة .

قدر فريق الفارس أن الظلام قد خيم على العالم زمنا قد يصل الى خمس سنوات . واقترح و . ه ماكريا أن الأمر يتطلب ٣ - ٥ سنوات كي تسقط كل المادة . لكن هذا شيء آخر . يغرينا أن نستقرئ من حادثة كراكاتوا فنفترض أن الظلام قد استمر أضعافا بقدر النسبة بين حجم المادة المفلوطة فى الواقعتين . لكن الأمر للأسف أعقد من هذا بكثير . فمعدل تساقط الجسيمات من الجو معدل أسى ، وفترة بقاء الجسيمات فى الغلاف الجوى السفلى أقصر من أن يكون لها غير أثر مؤقت . وفى حالتنا التى ندرسها ، فإن الكثير يعتمد على الطريقة التى اختلطت بها الغازات فى السحابة الأصلية . وهذا موضوع سنعود اليه فى الفصل التالى . كان فريق الفارس يبحث عن تفسير للأثار البيولوجية عندما حاول تقدير فترة الإظلام . وهذا غرضنا نحن أيضا ، وثمة غرض آخر سنعود اليه فى فصول تالية . أما الآن ، فيكفى أن نشير الى أن النتيجة المأساوية لا تحتاج أن يمتد الظلام خمسة أعوام ، ولا حتى ثلاثة . فعام واحد يكفى ، بل وقد تكفى بضعة أشهر .

كان اهتمامنا فى هذا الفصل منصبا على الآثار المباشرة لاصطدام كويكب وهذا أمر معقول ، فهذا هو ما نتصور أنه قد حدث . ولكن ، ماذا يكون عليه حجم الفارق لو أن الجسم المصطدم كان مذنبا ؟

قد يكون الأمر مجرد تفرقة دون فارق . لو أن كويكبنا كان واحدا من أجسام أبوللو - مجرد كتلة من صخر كونى لها مدار يتقاطع مع مدار الأرض - فسيكون مذنبا « ميتا » . أن معظم الأجرام داخل النظام الشمسى لها مدارات يمكن تفسيرها بنظريات تكوين النظام نفسه . لكن المذنبات وأجسام أبوللو تعتبر استثناءات ، لأن أفلاكها لا تتوافق مع النموذج العام . لذا فمن المغري أن نفترض وجود تفسير واحد يصلح لكليهما ، وأن المذنبات وأجسام أبوللو لها أصل شائع ، أى أن أجسام أبوللو هى مذنبات من نوع خاص . ثمة عنصر من المماثلة هنا - لأنه حتى لو كان لها أصل شائع ، فإن تركيب أجسام أبوللو - الصخر الجامد - يختلف عن تركيب « كرة الثلج القذرة » المفترضة للمذنبات المألوفة . يلزمنا أن نتفحص مدارات هذه الأجسام حتى نحدد كيف يصطدم أى منها بالأرض - وسنقوم بهذا بالتفصيل فى الفصل العاشر - أما الآن فإن ما يهمنا هو تركيب هذه الأجرام .

يصعب كما ذكرنا أن نتصور كيف يستطيع المذنب أن يوفر كل هذا القدر من المعادن الموجودة في صلبصال التخوم . وفيما عدا هذا فليس ثمة فارق كبير . فالأثر على أية حال ينتج عن الطاقة المبدولة - وكما رأينا فإن مذنباً صغيراً ينطلق بسرعة ، قد يحوى من الطاقة قدر ما يحمل كويكب كبير يسير ببطء . وتحطيم نواة المذنب سيعطى قدراً أقل بكثير من المادة الصلبة ، ولكن ، لما كانت كتلة الجرم المصطدم بالمسطح لا تشكل إلا جزءاً ضئيلاً من القدر الكلى للمادة المفلوطة الى الهواء - فهذه تحددها طاقة الاصطدام - فإن أهمية الكتلة ستكون محدودة . وبنفس الشكل ، إذا دخل المذنب في مسار ضحل ، فإنه سيحترق في الغلاف الجوى ليسبب نفس القدر من التسخين ، لأن هذا يتوقف على الطاقة المبدولة وليس على مجرد حجم الجرم المعنى . ربما اختلفت كيمياء الواقعة قليلاً لاختلاف التركيب الكيماوى (المفترض) بين الكويكبات والمذنبات ، ولكن ، لما كانت الآثار على الأرجح ستنتج من الاصطدام لا عن تركيب الأجرام المصطدمة نفسها ، فإن التركيب الكيماوى لن يهم كثيراً . والواقع أن المذنب سيعطى تقريباً الأثر الذى يسببه الكويكب ، ولكنه لم يكن يعطى كل هذا القدر من الايريديوم والأوسميوم .

حان الوقت كى نتخلى عن السوبرنوفات كسبب . اقترح أن انفجاراً لسوبرنوفاً قد يلقي بكميات كبيرة من المادة الدقائقية في الغلاف الجوى الأعلى . لن تكون السوبرنوفات نفسها هى مصدر المادة ، وإنما الغبار الذى صوح به من سطح القمر فى اتجاهنا . وهذا لا يهم كثيراً ، لأن حادثة السوبرنوفات إذا ما وقعت قريباً من الأرض - بحيث تعصف بغبار القمر فى اتجاهنا - فلا بد وأن تغمر الأرض أيضاً وكل ما عليها من كائنات بأشعاع كولى مكثف . يلزم أن تقع مثل هذه الحادثة على بعد منا يقدر بثلاثين فرسخاً نجمياً (نحو ٩٧٥ سنة ضوئية) . وقد تسبب مثل هذه الحالة بعض ملاحظاتنا من آثار ، ولكن هل كان فى مقدورها أن تنقل المادة الموجودة بصلبصال التخوم - من القمر ؟ الحقيقة أنه ليس ثمة شواهد قوية على وقوع انفجار سوبرنوفات بهذا القرب خلال تاريخ النظام الشمسى بأكمله ، كما لا توجد أية أسانيد على وقوع أية حادثة أرضية بهذه الطريقة .

مرة أخرى ، لم يبق معنا إلا الكويكب . قمنا بوصف القوة التى سينفجر بها عند الاصطدام ، قمنا بوصف الفرقعة ، وبوصف الهزات التى ستحدث بالعالم كله ، تخيلنا الزلازل ، والبراكين ، والتسونامى الأكبر من كل ما حدث فى تاريخ البشرية . ولقد قلنا أن القوة تعادل كل

فخيرة العالم من الأسلحة الذرية مجمعة ، ضوعفت عشرة آلاف مرة ،
ثم فجرت جميعا فى لحظة واحدة بموقع واحد .

سيحطم الارتطام - شمال الأطلنطى - من الناحية البيولوجية .
ليس ثمة وسيلة يستطيع بها أى كائن حى أن يفلت من الموت . أما فى
شمال شرقى أمريكا وفى غرب أوراسيا فسيحدث تخريب هائل ،
وسيموت الكثير من الأحياء .

لكن ، ماذا سيحدث للحيوانات بالباسيفيكي ، أو بنصف الكرة
الجنوبى ، بجنوب أمريكا ، أو بشمال غربى أمريكا ؟ لماذا تتأثر الحياة
الرتبية فى أفريقيا بأية حادثة حتى لو كانت فى مثل فضاة هذه ؟ فى
كلمة ، لماذا تسبب مثل هذا الاصطدام فى فناء بعض الأنواع - ولا نقول
كلها ، وإن كان هذا ليس صعب التفسير ، غير أنا عندئذ لن نكون هنا
نحاول التفسير ؟

إن الكثير من الكائنات الحية الدقيقة يستطيع أن ينجو من هذه
الكارثة ، لا سيما البحرى منها . أنها لن تقاسى أكثر من هزة شديدة
ومزج عنيف ، إلا إذا كانت قريبة جدا من بؤرة الواقعة . ولكنها
تستطيع أن تشفى سريعا ، لتستمر حياتها الغامضة المجهولة ، وليستمر
التطور نفسه .

لقد فعل التطور أكثر بكثير من مجرد الاستمرار . وإذا كان لنا
أن نتفهم ما حدث بعد ذلك فلا بد أن نحاول أن نكشف : لا ماذا قتل كل
هذه الأنواع - ونحن نعتقد أننا نعرف هذا - وإنما كيف قتلت . ما
السبب فى انقراض الأنواع ؟ ماذا سنكتب على شهادة وفاتها ؟

الفصل السابع

أسباب الوفاة

عظمتنا كثيرا من الكيمياء الغريبة لصلصال التخرم التي .
تسم نهاية العصر الطباشيري ، ولقد حان الوقت لنتحدث قليلا عن .
هذا الموضوع ، ذلك أن المحتوى المعدني ليس هو كل ما يميز هذه التخرم
عما فوقها وما تحتها .

ظهرت في السنين القليلة الأخيرة طريقة يمكن استخدامها في
إعادة تشكيل الماضي . ثمة نظيران مهمان للأكسجين موجودان بالغلاف
الجوى للأرض (الأكسجين ١٦ وأكسجين ١٨) . ويبلغ متوسط نسبة
النظير ١٦ في أكسجين الجو نحو ٧٦ر٩٩٪ أما نسبة النظير ١٨ فتبلغ
نحو ٠٢٪ . ونسب النظائر تحددها السوبرنوفا الأصلية التي انفجرت
العناصر المكونة للنظام الشمسي . هي إذن نسب ثابتة ، وتبقى ثابتة .
وعندما يتأكسد الكربون ليكون ثاني أكسيد الكربون ، تبقى نسبة
النظيرين فيه كما هي ، نعلم أن ثاني أكسيد الكربون يحوي نظير
الأكسجين بنفس نسبة وجودهما في أكسجين الجو (أو غيره) .

وثاني أكسيد الكربون هو الصورة الغازية لحمض ضعيف جدا
هو حامض الكربونيك ، وهذا الغاز لا يذوب منه في الماء إلا كميات
ضئيلة ، يمكن أن تتفاعل مع المعادن . وتستوعب بعض الكائنات الحية
بعض هذه الكربونات - لا سيما كربونات الكالسيوم - لتستخدمها في
بناء أجسامها . وأهم الكائنات التي تعتمد كثيرا على كربونات الكالسيوم
هي الرخويات - القواقع والأسماك الصدفية - والأنواع الميكروسكوبية
التي لا تعد ولا تحصى والتي تحيا بين البلاكتون ، أي أن كتلة مثل هذه
الكائنات تتراوح ما بين حجم خلية واحدة ، إلى يرقات وصغار الكثير
من الأسماك التي تنجرف قرب سطح ماء البحر أو في المياه العذبة
الواسعة . لكن هذه الكائنات تختار أحد نظائر الأكسجين ، وتفضله
على غيره ، بحيث يمكننا القول بوجود آلية انتخاب بيولوجي . وعندما

تموت هذه الكائنات ، فان بقاياها من كربونات الكالسيوم - التى لا تذوب فى الماء - تظل محتفظة بالنسب المختارة لنظائر الأكسيجين .

وتحرير ثانى أكسيد الكربون الى الجو ، وتكوين الكربونات ، وحجم عشائر الكائنات التى تستخدم كربونات الكالسيوم ، كل هذا انما يتوقف على الظروف المناخية ، لا سيما درجة الكالسيوم ، كل هذا انما الرسوبية التى عرضت الى الكثير من التحريف والانضغاط عبر الملايين من السنين ، قد لا تقدم الا القليل من الشواهد المفصلة عن قدر النشاط البيولوجى زمن تكوينها ، لكنها قد تحوى بقايا الكائنات فى صورة كربونات كالسيوم . وعلى هذا ، فان تحليل عينات من هذه الصخور لتحديد نسب نظائر الأكسيجين سيكشف لنا عن قدر النشاط البيولوجى ، ومن هذا يمكن أن نحسب درجة حرارة الماء التى يمكن أن تحدث عليها هذه الدرجة من النشاط . توجد معظم العناصر فى صورة نظائر عديدة ، وليس الأكسيجين بالعنصر الوحيد الذى يجرى عليه الانتخاب البيولوجى بهذه الطريقة .

اهتم البعض بنظائر الأكسيجين فى الاختبارات العديدة التى أجريت لعينات اللب المأخوذة من قاع الباسيفيكي فى مشروع الحفر بأعماق المحيط . ومن نتائج الاختبارات التى أجريت على عينات من مواقع مختلفة اتضح أن حرارة قاع المحيط وسطح مائه فى النهاية الأخيرة للعصر الطباشيرى قد ارتفعت ما بين درجة مئوية وخمس درجات . وهذا لا يعنى ارتفاعا عاما فى درجة الحرارة ، فليس لدينا ما يعضد هذا ، وانما يقدم اثباتا للصورة التى رسمناها لمقدر ضخ من الحرارة بذل فى ذلك الوقت . كان ارتفاع الحرارة مفاجئا ، وقصيرا .

ولقد قدرت أيضا نظائر الكربون ، فأتضح وجود نقص فى كربون ١٣ تتراوح قيمته ما بين ٠.١ ، ٠.٣٪ . للكربون نظيران ثابتان : ١٢ و ١٣ . والانخفاض فى كربون ١٣ انما يعنى زيادة متناسبة فى كمية كربون ١٢ . وكما هو الحال مع الأكسيجين ، سنجد أن الكائنات الحية تنتخب نظيرا من نظيرى الكربون وتفضله على الآخر ، نعى أن النقص فى كربون ١٣ لا يعنى على الاطلاق نقصا فى الكربون ككل ، وانما قد يشير الى زيادة فى كمية الكربون الكلية ، طالما كان الكربون من أصل بيولوجى . علق كينيث هسو على هذا عام ١٩٨٠ قائلا انه « يعادل التغير الناتج لو أن الغلاف الحيوى الأرضى بأكمله قد وضع فى المحيط » . طبيعى أن الغلاف الجوى الأرضى لم « يوضع فى

المحيط ، - فالكائنات التى ماتت على اليابسة ظلت على اليابسة - لكن عددا كبيرا جدا من الكائنات البحرية - التى تحوى نسبة أعلى من الكربون ١٢ - قد ماتت .

هل يوجد ثمة تفسير بديل للتفسير البيولوجى ؟ لما كانت نسبة الكربون ١٢ الى ١٢ ثابتة بالنسبة للكربون الأرضى - وهى نتيجة أخرى للظروف النجمية التى تتشكل تحتها العناصر الثقيلة - فان علينا أن نجد مصدرا للكربون الخفيف اذا كنا نبحث عن تفسير بديل ، مصدرا أكثر ثراء بالكربون ١٢ . اقترح هسو أن الجسم الكونى الساقط قد يكن وهو نفسه المصدر . لكربون النيازك والكوندريت (كتل المادة الكربونية الموجودة فى بعض النيازك الحجرية) نفس التركيب النظائرى لكربون الأرض ، وبالرغم من أن الكربونات بها تتكون من كربون ثقيل جدا (فهى غنية بكربون ١٣) ، فقد اقترح هسو أن المذنبات قد تحوى اول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون الأخف بكثير - بسبب طريقة تكوينيهما . غير أن جدله تخمينى وغير مقنع عموما . اقترح أن الجسم المصطدم قد يكون قادرا على نقل الكمية المطلوبة من الكربون الخفيف ، غير أن كمية الكربون الخفيف فى حالتنا هذه ستكون أكثر من اللازم ، لأننا اذا سمحنا للواقعة بأن تقتل عددا كبيرا من الكائنات الحية فان الكربون الخفيف فى بقاياها لا بد وأن يذهب الى مكان ما ، وأكثر الأماكن احتمالا هو الرواسب التى ترسبت فى ذلك الوقت . عموما ، فاننا نفضل أن نعتبر النقص فى كربون ١٢ مقياسا لحجم الأثر البيولوجى للواقعة .

اننا نبحث عن طرق نستطيع بها أن نعيد تركيب الوقائع التى أدت الى موت الكائنات الحية . قد تبدو المهمة غير ضرورية اذا كنا قد اقنعناك بأن مثل هذه الوقائع نفسها هى نتيجة واقعة بالاضغامة التى حاولنا وصفها . غير أن طبيعتنا الجدلية لن تقبل بمثل هذه النتائج الفورية السريعة وانك لن تجد طبيبا فى أيامنا هذه يقبل « كبر السن » كسبب للموت ، ونحن لا نستطيع أن نقبل اليوم فكرة « الاصطدام بكويكب » الا اذا عرفنا الطريقة التى حقق بها الكويكب أثره الرهيب .

وقبل أن نستطرد ، ربما كان من الأفضل أن نفكر فى هذا الأثر . فما الذى اندثر ، وما الذى نجا ؟ اذا عرفنا ذلك فربما توصلنا الى بعض الدلائل ، وربما تمكنا من ابتكار نظريات - حتى ولو كانت غير نهائية - من التغيرات فى البيئة التى قد تؤدى بعض الكائنات دون الأخرى .

- لقد اختفى من طبقة الحقب الثلاثى القديم نحو ٧٠٪ من كل الكائنات التى كانت تحيا فى نهاية العصر الطباشيرى • هذا هو مدى الانقراض ككل ، ولكن كيف توزع هذا الانقراض ؟

لقد تأثر البلانكتون الجيرى بشدة - نقصد البلانكتون الذى يحتوى على كربونات الكالسيوم ويعتمد عليها • ولقد تلاشت المنخربات مثلا ، صحيح أنها عادت ثانية للحياة ، لكن أعدادها لم تصل أبدا الى ما كانت عليه فى بحور العصر الطباشيرى • والمنخربات حيوانات بروتوزوا بسيطة ، والكثير منها وحيد الخلية ميكروسكوبى الحجم ، لكن بعضها عديد الخلايا ، وقد ينمو ليصل قطره الى نحو ١٥ سنتيمترا • وهذه العملاقة من المنخربات طبقية الشكل ، وتوجد فى الحجر الجيرى بسوريا وبعض الأماكن الأخرى • وكل هذه المجموعة من الحيوانات تعيش داخل قشرة أو صدفة ، وعندما تموت ترسب أصدافها الى قاع البحر حيث تتراكم • والمنحدرات الجيرية الشهيرة فى دوفر بجنوب انجلترا ليست الا بقايا منخربات • وثمة طبقة سميكة منها على ارتفاع ٦٧٠٠ متر على جبل ايفرست تشير الى أن هذا الجبل كان يوما ما قاعا لبحر •

ظهر خلال تاريخ الأرض ما يقارب ٢٠٠٠٠ نوع من المنخربات ، لم يعد منها الآن الا ١٢٠٠ ، معظمها بحرى • ثمة صفة مميزة تشترك فيها هذه الأنواع جميعا - وكانت تشترك فيها فى الماضى - وهى تلك الدرجة العالية من التأقلم لبيئتها ، وكثيرا ما يكون ذلك حتى على مستوى محلى جدا ، ثم أنها تتميز أيضا بحساسيتها الشديدة للتغير فى هذه البيئة • والبعض منها يعيش بقاع البحر ، والبعض منها يطفو مع البلانكتون قرب سطح البحر • ورواسب المحيط الغنية ببقاياها تسمى « الطرين الجلوبيجرينى » • وبعض المنخربات حساسة بوجه خاص للتغير فى درجة الحرارة ، بحيث توجد أولا توجد - كما أنها للغرابة تحلزن قوقعتها الى اليمين أو الى اليسار حسب درجة حرارة البيئة ، وبذا فمن الممكن أن تستخدم كمؤشرات للمناخ القديم •

ولقد كان الأثر على النانوبلانكتون كبيرا جدا • وهذه الزمرة من الكائنات المتباينة تجمع فقط على أساس الحجم والمنطقة التى توجد بها • والمقطع « نانو » يعنى « قزم » - والنانوبلانكتون كائنات دقيقة للغاية تحيا بين البلانكتون •

والنانوبلانكتون تعتبر - تقنيا - من النباتات ، وهى تصنع السكريات عن طريق التمثيل الضوئى ، والبعض الآخر حيوانات لأنها

تتغذى على النباتات أو على بعضها البعض . والنباتات البلاكتونية (الفيتوبلانكتون) هى المنتج الايكولوجى الرئيسى فى البحار الواسعة ، حيث تقوم بالدور الذى تقوم به النباتات الخضراء على اليابسة . ولقد كان يظن حتى زمن قريب أن انشط الفيتوبلانكتونات فى القيام بهذا الدور هو الدياتوم - وهذه كائنات وحيدة الخلية مغلقة بصدفة شفافة من السليكا ، ويصعب رؤية أكبرها بالعين المجردة . ويعيش الكثير من الدياتومات منفردا ، الا ان البعض قد يلتحم سويا فى شكل سلاسل ، كما أن للبعض الآخر - مما يعيش منفردا - أصدافا تتناول لتتخذ صورة الشعر الطويل . وهذه الخصائص تجعلها أوضح الفيتوبلانكتونات . على أنه قد وجد مؤخرا أن أهم المنتجين كائنات أصغر تسمى السوطيات ، ولقد كانت هذه تعتبر من النباتات بالرغم من أن طريققتها فى التغذية تضعها فى مكان ما بين النبات والحيوان ، أما الآن فثمة نظام جديد للتقسيم . لهذه الكائنات أسواط تسبح بها وتصنع بها تيارات صغيرة تسوق الغذاء نحوها . والأسواط هى بروتات دقيقة تخرج من جدار الخلية وتبدو كالذيل أو الشعر الناعم حسب عددها ، وهى لا تقتصر على الكائنات الحرة وحيدة الخلية ، فالكثير من خلايا أجسامنا نحن له أسواط ، كما أن حركة الأسواط هى التى تنقل بها حواسنا المعلومات عما حولنا الى الأعصاب التى تنقلها الى المخ . واللولبيات (الاسبيروكيت) كائنات وحيدة يكاد يكون جسمها كله سوطا واحدا . وثمة بعض من علماء الحياة يشتبهون بأن كل السوطيات تتكون من خلية بداخلها واحد من اللولبيات . وقد يزداد هذا الاشتباه قوة بحقيقة أن اللولبيات والأسواط تتركب تماما بنفس الطريقة أينما وجدت .

ولما كانت هذه البلاكتونات هى أهم منتجى الغذاء فى البحر ، فى حين أن كل الحيوانات الأكبر تعتبر مستهلكة ، فإن أى تغير فى حجم عشائرها يزيد أو يخفض من مستوى الانتاج فى البحر لابد وأن ينعكس على عشائر الحيوانات الكبيرة .

ربما انحرفنا الآن قليلا عن سياق الموضوع لنشرح دورة الطاقة - وكذا الغذاء - داخل المحيط أو داخل أى شبكات غذائية .

ان العملية دورية ، ولنا أن نبدا الوصف من أية نقطة ، لكن البداية التقليدية هى ذاتيات التغذية - المنتجون . تتألف هذه أساسا من النباتات الخضراء - من كل حجم ، بداية بالطحالب وحيدة الخلية وحتى أكبر اشجار الغابات ، لكن الطحالب هى الأهم بالنسبة لحجم ما تنتجه اذا أخذنا العالم ككل . وهذه الكائنات تحول الماء وثانى أكسيد الكربون الجوى بالتمثيل الضوئى الى سكريات ، ويوفر لها ضوء الشمس

الطاقة اللازمة • وفى نفس الوقت فان الكائنات الدقيقة التى تعيش أساسا فى التربة أو ماء البحر تستطيع أن « تثبت » المواد المعدنية البسيطة لتستوعبها فى أجسامها ، ثم تقدمها كمركبات يمكن للنبات استخدامها عندما تموت • فالنيتروجين على سبيل المثال – برغم وفرة – لا قيمة له فى حالته الغازية بالنسبة للنبات ، لكن النبات يأخذه كنترات بعد أن تعالجه مجموعة معينة من البكتريا • وذاتيات التغذية تستخدم كطعام لغيرها من الكائنات ، وهذه عادة ما تكون من الحيوانات ، وتسمى على وجه الدقة « عضوية التغذية » ، نعى أنها كائنات لا تستطيع أن تصنع طعامها بنفسها وإنما يلزمها أن تأخذه فى صورة جاهزة ، وتحوره بالأيض حسب احتياجاتها • هى اذن كائنات مستهلكة • فإذا كانت تعتمد كليا أو جزئيا على غذاء من الكائنات المنتجة فهى اذن « مستهلكة أولية » ، نعى عواشب • أما اللواحم فتتغذى على العواشب ، وبذا فهى مستهلكات ثانوية • فإذا ما كانت تتغذى على غيرها من اللواحم فهى مستهلكات ثالثة •

فى نصف الحلقة هذا ، يستخدم ضوء الشمس والحرارة لتوفير الطاقة للتفاعلات الكيماوية التى تستخدم فيها الجزيئات العضوية البسيطة فى صناعة جزيئات أكثر تعقيدا ، ومن ثم تجمع هذه فى هيئات الكائنات الحية التى نراها من حولنا ، وتمدها بأسباب الحياة •

أما النصف الآخر من الحلقة فيختص بتكسير هذه الجزيئات الكبيرة الى الجزيئات الأصلية الأيسر ، التى تعود ثانية الى البحر ، أو الى الماء الأرضى أو الى الهواء ، لتبتدىء ثانية عملية البناء ، وتكتمل الحلقة • وهذا النصف الثانى من الحلقة – الخاص بالتحليل – يعتمد على سلسلة من الكائنات الحية توازى سلسلة التركيب ، لكنها تركز على أنشطة الكائنات الدقيقة بشكل أكبر بكثير •

يمكننا اذن أن نتصور الأنواع مرتبطة بالعلاقات الغذائية فى شبكة مركبة • كما يمكن تصور العلاقات فى هذه الحلقة بطريقة أخرى تركز على امكان ترتيب الكائنات فى تسلسل هرمى • فإذا أخذنا الجزء البنائى من الحلقة وقسمنا الكتلة الكلية – الكتلة الحيوية لجميع الكائنات العاملة فى كل مستوى – المنتجة والمستهلكة الأولية ، والثانوية ، والثالثة – فمن الممكن أن نمثل هذا برسم بيانى من درجات كل يمثل مستوى ، لها جميعا نفس الارتفاع بينما يمثل العرض الكتلة الحيوية • عادة ما يرسم الرسم البيانى بحيث يكون أعرض الدرجات بالقاع • فإذا نقضنا ذلك فسيشكل لنا هرم مدرج ، يسمى « الهرم الحيوى » •

وامميته لا تخفى . لقد وضعنا الكائنات المنتجة بأسفل ، وفوقها المستهلكات الأولية فالثانوية فالثالثة . الواضح أن المستهلك لا يستطيع أن يأكل الى أن يعجز النوع الذى يأكله عن التكاثر ليسد النقص . ولقد وجد على العموم أن الكتلة الحيوية عند كل مستوى تبلغ تقريبا عشر الكتلة الحيوية للمستوى الأدنى مباشرة .

وكل ما يغير الكتلة الحيوية عند أى مستوى سيؤثر فى الهرم كله ، لكن مدى الأثر سيعتمد على موقع التغير . فزيادة الكتلة الحيوية عند معظم المستويات تسبب تغيرا بسيطا فى المصدر الغذائى أسفلها ، لكن ذلك فى نفس الوقت سيؤدى الى زيادة كمية الغذاء للكائنات بالمستوى الأعلى مباشرة فينخفض حجم العشيرة مرة أخرى ويستعاد الاتزان . تأمل مثلا أثر زيادة فجائية فى أعداد العواشب . ستقوم العشيرة بعد أن ازدادت بضغط متزايد على الغذاء المتاح ، فتتناقص كميته ، لتؤدى قلته فى نهاية الأمر الى الهجرة ، أو حتى الموت جوعا ، وبذا تستعيد عشيرة العواشب حجمها الأول . على أنه من الجائز قبل أن يحدث هذا أن تزداد أعداد اللواحم التى تفترس هذه العواشب . يتزايد الافتراس ، وتكون النتيجة مرة أخرى هو استعادة الاتزان الأصلى . وهذا المثال نظرى جدا بالطبع : فالعلاقات فى العالم الحقيقى أكثر مراوغة . إذا ما ازداد المستوى الأدنى فسيزداد الاستهلاك الأولى لاستعيد الاتزان . أما إذا انخفض المستوى الأدنى ، فسيحس الهرم كله بالصدى ، وتكون النتيجة النهائية على الأرجح هزما أصغر ، ربما وقد أزيل منه المستوى الأعلى - المستهلكات الثالثة - لعدم وجود الغذاء الكافى لها .

الواضح إذن أن انخفاضاً حاداً فى الفيتوبلانكتون سيؤدى الى فناء الأنواع على قمة الهرم البحرى .

أن ما يسم نهاية العصر الطباشيرى هو الانخفاض الحاد الفجائى فى المنخربات والنانوبلانكتون . ولقد وصف هذا بوضوح ج . سميت ، ج . هيرتوجين سنة ١٩٨٠ بقولهما : « عند فحص المارل الماستريختى الحديث فى قطاع كارافاكا بأسبانيا - وسمكه يزيد عن ٢٠٠٠ متر - لم نجد أى تغير معنوى فى المزاملات الاستوائية الغنية للمنخربات البلانكتونية والاحافير الثانوية ، وذلك حتى آخر سنتيمتر فيه ، هنا تختفى كل المزاملات تقريبا داخل . - ٥ ملليمترات ٠٠٠ وهذا يعنى أن الانقراض قد حدث خلال نحو مائتى سنة ، وفى رأينا أن زمن الانقراض لا يمكن أن يتجاوز مائتى سنة ، بل وقد يكون أسرع من ذلك .

أما المثير حقا ، فهو أن أنواع النانوبلانكتون التى نجت من الواقعة هى تلك المعروفة عنها تحمل الظروف التى لا تستطيع معظم الأنواع تحملها - بل وربما تفضيلها .

اختفت رخويات الامونايت تماما على أثر الصدمة . أما على الأرض فقد قتلت كل الحيوانات التى تزن أكثر من نحو ٢٥ كيلو جراما . ولم تتأثر النباتات على اليابسة كثيرا . كانت كاسيات البذور الحديثة قد ازدهرت تماما على نهاية العصر الطباشيرى - كما رأينا فى الفصل الثالث - ثم استمرت فى التطور بالحقب الثالث ، وليس ثمة من سبب يدعو للفرض بأن الواقعة كان لها أثر على تطورها . كما نجت حيوانات المياه العذبة فلم تصب بأذى كبير .

كان للواقعة اذن آثار متباينة . تأثر البلانكتون بشدة ، اختفى الامونايت ، اختفت الحيوانات الكبيرة على اليابسة ، لكن نجت نباتات اليابسة وحيوانات المياه العذبة الصغيرة . ما الذى يمكن أن يسبب هذا النموذج ؟

دعنا نعالج فكرة أن كمية الغبار التى قذف بها الغلاف الجوى كانت تكفى لتحجب ضوء الشمس . اقترح والتر الفارس هذه الفكرة ، لكنها نقدت على أساس أنه مهما كان حجم كتلة الجسيمات التى تدخل الغلاف الجوى فإن الزمن اللازم لسقوطها سيظل ثابتا تقريبا ، ويرجع هذا - كما يمضى الجدل - الى أنه كلما ازدادت كثافة سحابة الغبار كلما ازدادت فرصة التصادم بين الجسيمات . وعندما تصطدم الجسيمات فإن البعض منها سيلتصق ببعض الآخر ، مما يزيد من وزنها ، فتسقط . وعلى هذا فإن فترة بقائها فى الغلاف الجوى تتناسب عكسيا مع عددها . ببساطة : كلما ازداد عددها كلما ازدادت سرعة سقوطها . ولما كان سقوط أية سحابة من الجسيمات بالغلاف الجوى السفلى يمضى بمعدل أسي ، فإن الزمن اللازم لاختفاء السحابة سيكون ثابتا تقريبا بغض النظر عن كثافتها الأولى .

إن ما يهم اذن ليس هو مصير الجسيمات فى الغلاف الجوى السفلى ، وإنما مصير الجسيمات فى الستراتوسفير . فالجسيمات فى الغلاف السفلى لا تستطيع أن تبقى فترة أطول من أن تسبب غير الآثار العابرة .

تكونت السحابة - فى الحالة التى نفحصها الآن - أساسا عن تكثيف سحابة من الغبار ، وليس عن جوامد قذف بها من اسفل الى

الغلاف الجوى • ويتوقف الكثير على كثافة هذه السحابة • فالجسيمات الدقيقة لا تشكل الا اذا كانت السحابة غير كثيفة • فاذا كانت كثيفة تكونت قطرات كبيرة تسقط فورا كالمطر • وسيكون سقوطها على الأرجح داخل منطقة محددة •

ثمة اعتراضان خطيران ضد هذا النقد • دعنا أولا نفترض وجود عدد كبير من الجسيمات الدقيقة • هل تصادم الجسيمات الصغيرة فعلا فى الهواء ؟ تقترح التجارب التى أجريت من سنين عديدة عن انتشار الايروسولات من المرذاذ أن هذا لا يحدث • وأن الاصطدامات حتى فى السحابات المكثفة جدا بالجسيمات ليست بأكثر شيوعا منها بين المجاميع الكثيفة من النجوم بوسط المجرات • صحيح أن الاصطدامات تحدث ، ولكن ليس كثيرا ، وفترة بقاء الجسيمات فى الجو لا تتأثر بها كثيرا •

أما الاعتراض الثانى فيختص بالكثافة الفعلية للسحابة اللازمة لحجب ضوء الشمس ، أو ما يسمى علميا باسم « كثافة العمود » • تأمل الغطاء الورقى فى غابة من الأشجار العريضة الأوراق • اذا وقفت على أرض الغابة ونظرت الى أعلى فقد يستحيل عليك رؤية السماء ، لن ترى غير الأوراق • ليس هذا لأن الأوراق قد تكسدت سويا بأحكام عند أحد المستويات ، ولكن لأنها تتداخل معا على مستويات كثيرة • ليس المهم فقط هو عدد الأوراق (أو الجسيمات) عند ارتفاع معين لكن المهم هو العدد ما بين سطح الأرض وقمة الغلاف الجوى • ولما كانت هذه السحابة بالذات قد قذف بها الى أعلى بقدر من الطاقة لم يسبق له مثيل ، فلنا أن نفترض أنها ستتوزع رأسيا من أدنى المستويات الى أعلاها ، وحتى قرب الفضاء نفسه ، اذا ما كان الأمر كذلك ، فستكون السحابة غير كثيفة حقا اذا قيست على أى مستوى واحد ، ولكنها ستنجح فى أن تحجب ضوء الشمس بشكل فعال تماما •

يمكننا أن نشهد هذا الأثر بوضوح على كوكب الزهرة • يبدو هذا الكوكب اذا نظرنا اليه من الفضاء وقد غلف بسحابة كثيفة ، حتى ليستحيل أن نحظى ولا حتى بلمحة من سطحه • وعندما أنزلت الآلات بهدوء على سطحه أوضحت الصور التى أرسلتها واستقبلناها مسطحا جافا صخريا ، وسماء لا يغطيها سحاب وإنما ضباب رقيق • فالرؤية الأفقية داخل الغلاف الجوى للزهرة جيدة • والسحابة الكثيفة ليست فى الحقيقة سوى عمود من الضباب الرقيق عميق جدا • وليس هذا كل شيء • فلو أن بعضا من المادة اتخذ له مدارا خاصا حول

الأرض ، فمن المرجح أن يتساقط تدريجيا الى الغلاف الجوى ليزود مادته بمادة آتية من فوق .

اننا نعرف الكثير عن سلوك الجسيمات فى الغلاف الجوى . فى عام ١٩٦٣ انفجر بركان جبل أجونج باندونيسيا ، ودرست آثاره بالتفصيل . بعد الانفجار ارتفعت حرارة الستراتوسفير قرب خط الاستواء ٦ - ٧ درجات مئوية ، وبقيت الحرارة بضع سنين أعلى ، بدرجتين أو ثلاث ، عما كانت عليه قبل الانفجار . ولم يسجل أى تغير فى حرارة الطروبوسفير . وبقيت كل المواد التى قذف بها البركان داخل الغلاف الجوى . فاذا ما كان للمادة أن تترك الغلاف الجوى لتتخذ مدارا لها حول الأرض ، وتتساقط بعد ذلك بالتدريج ، فان « ظاهرة أجونج » لا تخدمنا فى تفهم هذا ، كما لا تخدمنا التقارير القديمة عن انفجار كراكاتوا .

من المستبعد أن تتسبب المادة المفلوطة الى الغلاف الجوى فى اظلام طويل ، لكن المادة التى تدخل باستمرار من أعلى الغلاف الجوى يمكنها أن تفعل هذا . قد يكون رأى فريق الفارس صحيحا - بأن العالم قد دلف الى الظلام وبقي مظلما لفترة طويلة (تصل الى خمس سنوات فى رأى هذا الفريق) . فهل يسبب مثل هذا الاظلام الآثار التى نعرف أنها قد حدثت ؟

سيتوقف التمثيل الضوئى اذا كان الاظلام تاما ، وسينخفض بدرجة كبيرة اذا كان جزئيا . سيموت الكثير من النباتات الخضراء ، وسيموت منها أولا الأصغر والأبسط . ستتلاشى وبسرعة الفيتوبلانكتونات البحرية ، وباختفائها يتناقص البلانكتون الحيوانى الذى يتغذى على الفيتوبلانكتون ، أو يختفى كلية . سيقدم الاظلام تبريرا مرضيا للانقراضات البحرية .

لماذا كان تأثير نباتات اليابسة أقل حدة ؟ لاجابة هذا السؤال علينا أن نبدأ بالتساؤل عما نعنيه بكلمة « اظلام » . قد يبدو المعنى واضحا . لكن الاظلام بالنسبة للنبات يعنى اختفاء ضوء الشمس . وقد يختفى ضوء الشمس بالنسبة للنبات ولا يختفى بالنسبة للحيوان . فمن الممكن أن يغلف الرماد أوراق النبات لا سيما اذا كانت الأوراق مبتلة عندما يسقط الرماد ، فيلتصق بها بشدة . وتكفى طبقة رقيقة - كاملة - من الرماد كى يثبط التمثيل الضوئى . وأثر مثل هذا الغلاف هو نفس اثر الاظلام .

بعد أن أوضحنا هذا لم تعد الإجابة صعبة . فربما تكون النباتات نفسها قد ماتت ، لكن بذورها - المغلفة في أمان داخل أغلفة ضد الماء (وقد يكون بعضها ضد الحريق) والمخبأة تحت سطح التربة - هذه البذور قد تبقى حية بضع سنين ، أو سنين طويلة . أن بذور الحبوب على سبيل المثال قد نبتت بعد قرون من التخزين في قبور أجدادنا العظام ، فهي تبقى قابلة للأنبات طالما حفظت في جو بارد جاف . وعلى هذا فمن الممكن جدا أن تكون معظم نباتات السطح قد ماتت - بل وحتى كلها - ثم عادت ثانية بعد انقضاء أعوام .

ومثل هذا الظلام قد يفسر الأثر الواضح الحدة على النباتات الأكثر بدائية ، ومعظم هذه النباتات مستديمة الخضرة غير مكيفة لدورة حياة تتضمن تساقط الأوراق دوريا ، فإذا ما توقف التمثيل الضوئي فسيندرثر معظمها . أما النباتات المتساقطة الأوراق فستنضو عنها الأوراق لينمو الجديد بدلا منها .

إننا لا نقول أن هبوط الغبار قد تسبب في هذه الظاهرة ، إنما نقول أنه ربما سببها . قد يكون رأى فريق الفارس صحيحا . لا يزال ، فربما أصبح العالم مظلما أيضا . وربما تكون الظاهرتان قد عملتا سويا .

لماذا يتسبب اختفاء الكساء النباتي في قتل الحيوانات الكبيرة وحدها ؟ أن أول جزء في إجابة هذا السؤال هو أنه ليس لدينا سبب للفرض بأن الحيوانات الكبيرة وحدها هي التي قتلت . وكل ما نعرفه هو أن الحيوانات الكبيرة قد انقرضت . ربما تكون الحيوانات الصغيرة قد ماتت بأعداد هائلة ، ولكن بقي منها ما يكفي كي تتكاثر العشيرة ثانية عندما عادت النباتات الى الظهور مرة أخرى .

للحيوانات الصغيرة ميزتان تتفوق بهما على الحيوانات الكبيرة في مثل هذه الظروف غير الملائمة . فهي أقدر على اقلية سلوكها مع المعوقات التي تفرضها البيئة ، ثم أنها تحتاج الى طعام أقل من الحيوانات الكبيرة .

أن فترة طويلة من الظلام قد تشبه ليل شتاء طويل . والكثير من الثدييات الصغيرة ليلي العادات ، فالظلام بالنسبة لها ميزة لا معوق . فتران الخشب مثلا لا ترعى حتى في الليالي المظلمة . تقضى الثدييات الصغيرة معظم وقتها في الشتاء داخل جحورها المهياة بأوراق الأشجار أو الحشائش . وتعزل هذه الحيوانات نفسها من البرد وتقلل نشاطها ساعات النهار الطويلة أو أياما بطولها فلا تحتاج الا لغذاء أقل بكثير

مما تحتاجه في الصيف . والكثير منها يخزن الطعام للشتاء ، وان لم يكن ذلك بكفاءة عالية ، وعدم وجود هذا المخزون ليس ضرورة بالأمر الخطر . فاذا كان الحيوان جائعا ، وسمحت الظروف ، خرج ليرعى .

تكون عشائر الثدييات الصغيرة كثيفة في بداية الشتاء (في الحالة التي نفحصها الآن لن يكون ثمة تحذير سابق - فربما لم يكن هناك خريف ، ولكن بالرغم من ذلك فقد وجدت على الأرجح عشائر كثيفة) ، وهي كثيفة لأن الخريف والشتاء يتلوان فصل التناسل ، وبذا تكون الصغار موجودة بعد أن ماتت معظم الأفراد الأكبر سنا خلال العام ، ولأن الأفراد الشاردة التي تقضى الربيع والصيف متجولة في الريف - ستسكن أخيرا وتبقى في مكان واحد تقضى فيه الشتاء ، وبذا تحسب ضمن العشيرة عند التشتية .

بتقدم الشتاء - خصوصا اذا كان شتاء قاسيا - تزداد نسبة النفوق . لكن النفوق انتقائي ، اذ تموت أولا الأفراد الكبيرة السن والمرضى والصغيرة الضعيفة ، بعد أن تستبد بها الأفراد الأكبر التي تستطيع أن تحصل على نصيب أكثر من نصيبها العادل من الطعام المتاح . أما المجموعة التالية التي ستعاني فهي هذه الحيوانات الكبيرة . قد تكون عدوانية ، لكن جسمها الكبير يعنى أنها تحتاج الى كميات أكبر نسبيا من الطعام ، فاذا لم تحصل عليها ماتت . وسيكسب هذه المباراة الحيوانات الصغيرة السن المتمتع بالصحة ، المتوسطة الحجم التي لا تحتاج الا الى قدر متواضع من الطعام . وقد دلت الدراسات على تشنية الحيوانات الصغيرة على أنه بالرغم من ارتفاع نسبة النفوق من الجوع الا أن الأفراد التي تنجو نادرا ما تكون سيئة التغذية .

طبيعى أننا نفترض شتاء طويلا جدا في الواقعة التي نتخيلها ، لكن هذا لن يسبب مشاكل عويصة . ستموت النباتات أولا ، لكن الثدييات الصغيرة تتغذى على البذور ، وعلى الحشرات ، وعلى اليرقات والعدارى ، وعلى حيوانات التربة الصغيرة اللافقارية . ولا فقاريات التربة نفسها تتغذى أساسا على بقايا النباتات ونفايات الحيوانات ، وعلى بعضها البعض ، وليس من سبب يدعو للفرض بأن هذه الأغذية لن تكون وفيرة .

للحيوانات الصغيرة فترة حياة قصيرة ، وهي تتوالد أكثر من الحيوانات الكبيرة وهذا أيضا قد يكون ميزة تحت الظروف التي نفترضها ، لأن مستعمرات الحيوانات الصغيرة ستستجيب للظلام كما لو كان ليل شتاء طويل طويل . ستبقى داخل مستعمراتها حيث سيزداد

الاحتكاك مع افراد الجنس الآخر . ربما اقلق الظلام الدورات الهرمونية المرتبطة بالتغيرات فى طول النهار ، لكن دورات الشبق لن تتوقف فى الاناث ، وان كانت قد تظهر فى غير انتظام - لتستمر عملية التكاثر .
اما الحيوانات الكبيرة فانها ستبدأ بأعداد اقل بكثير ، لأن كل فرد يحتاج مساحة أكبر من الأرض تزوده بالطعام . فاذا حل الظلام فربما كانت الاستجابة هى التشتت بحثا عن الطعام . . تبقى حيوانات القطيع متزاملة بالرؤية ، ولدى اقل - بالمصوت . لكن القطعان التى نعرفها هى قطعان الثدييات : فقطعان الزواحف غريبة علينا ، وليس لدينا وسيلة يمكن بها أن نعرف سلوكها فى القطعان . فاذا ما تشتتت قل اللقاء بين الأفراد ، وقل بذلك التزاوج ، وهذا يؤدى الى انخفاض عشائر الحيوانات التى تتوالد فى العام مرة واحدة ، أو اقل . فاذا لم تشتت ، وظل تماسك القطيع كما هو ، فان استجابتها لنقص الغذاء - ان كان ثمة استجابة - لن يكون الا بزيادة تكرار ومدى الهجرة أو بالمجرة لأول مرة . وفى الظلام ، أو شبه الظلام يصبح الاتصال بين افراد القطيع أصعب بكثير . تتفرق الأفراد ، ثم قد يزداد الصراع بين القطعان الهائمة عندما تتعدى على إمرأى بعضها . ولما كانت الحيوانات الأرضية الكبيرة تتغذى أساسا على الكساء النباتى الأخضر لا على البذور ، فلا بد أن يكون الضغط عليها أكثر حدة .

فى هذا الليل الطويل الذى سينتهى به العصر الطباشيرى ، يمكننا أن نتصور الحيوانات الصغيرة مستمرة فى حياتها بطريقة تختلف قليلا ، ولكن دون مضايقة كبيرة ، بينما تقاسى الحيوانات الكبيرة كثيرا .

اما الحيوانات الصغيرة التى تعيش فى المياه العذبة فربما فعلت ذلك جزئيا بالاختباء فى طين القاع ، ثمة سمك هو سمك الصحراء يستطيع أن يحيا سنينا بهذه الطريقة حتى يعود مطر الصحراء النادر فيحيل الأرض القاحلة الى مروج ، وحفار الطين الى برك حيث يمكن أن تتلاقى الأسماك وتتزاوج ، والنشاط الميكروبيولوجى فى هذا الطين يختص بتحليل البقايا العضوية - ولا شك أنها كانت وفيرة - ولا يحتاج لضوء الشمس . فاذا كانت أسماك المياه العذبة الصغيرة تعتمد على مثل هذا النشاط ، فلن تواجهها أية مصاعب .

ليس من الصعب أن نجد تفسيرات لموت الحيوانات الكبيرة وبقاء الحيوانات الصغيرة ، ولكننا بهذا نكون قد اغفلنا إحدى المشاكل . فبعض الزواحف الحالية كبير لحد مزعج - مثل التماسيح ، وبعض الثعابين المعاصرة كالأصلة ، وبعض سحالي الورل .

وبعض السحالي العاشبة مثل الایجوانا الأمريكية والسلحفاة الجلدية والسلحفاة الخضراء - كل هذه زواحف ، وكلها یزن أكثر - وقد یكون أكثر بكثير - من الخمسة وعشرين كيلو جراما التى یبدو أنها كانت الوزن الحرج للحياة فى الحقب الثالث . قدمت اقتراحات مختلفة لتفسير هذا الشذوذ الغریب . فربما كان السبب فى حماية السلاحف - وهى من الأنواع البحرية - هو وجودها بعيدا فى البحر ، بعيدا عن موطن الخطر . أما اليوم فیتصر وجود السلاحف على نصف الكرة الأرضية الجنوبي ، ولو كان هذا هو مكان وجودها فى العصر الطباشیری فإنه یقدم تفسيرا لبقائها - فبذلك تكون بعيدة عن موقع الاصطدام . ومن ناحية أخرى فمن الجائز أن تكون السلاحف الموجودة فى النصف الشمالى قد قتلت ، ثم لم تهجر السلاحف أبدا لتعبر خط الاستواء ؟ أما التماسيح التى تحيا اليوم فى نصف الكرة الأرضية غربا كانت عند الواقعة نصف مغطاة فى الماء ، ثم أن بیضها كان محصنا جيدا داخل أعشاش جيدة الصنع . لكن هذا غیر مقنع - فهل الزواحف الأخرى لا تحمى بیضها ؟ ظهرت الثعابين أول ما ظهرت خلال العصر الطباشیری ، ومن الجائز أن تكون الثعابين الحديثة الضخمة قد تطورت بعد انتهاء العصر الطباشیری ، من أسلاف صغيرة ، فالثعابين هى أحدث الزواحف التى ظهرت على الأرض . ظهرت الایجوانا بعد العصر الطباشیری ، لكن ثمة عینتین وجدتا فى العصر الجورایى بأوربا - قد تكونان من أسلافها . لكن الورل یشكل معضلة أكثر تعقيدا ، لأنه ینتمى لعائلة قديمة كانت بكل تأكيد موجودة أثناء العصر الطباشیری .

البراهین أبعد تماما عن أن تكون مقنعة . لكن یلزمنا أن نجد طريقا لتفسير بقاء القليل من الزواحف التى یتعدى وزنها الوزن الحرج . فهل یاترى أخطأنا فى تقدير هذا الوزن الحرج ؟

إننا نعرف أن الثدييات قد نجت من الانقراض ، وأن الثدييات الموجودة عندئذ كانت تضم بعضا له تقريبا حجم القطط الأليفة الكبيرة (ربما كان وزنها ٣ كيلوجرامات) . ولأنها من الثدييات ، فهى من الحيوانات ذات الدم الحار - والمصطلح العلمى لها هو ثابثات الحرارة . أما الزواحف فهى من ذوات الدم البارد - والمصطلح العلمى لها هو متغیرات الحرارة . ولكن « ذوات الدم الحار » و « ذوات الدم البارد » مصطلحان مضللان . فالحيوان - أى حیوان - یعمل بكفاءة فقط داخل نطاق معين من درجات الحرارة ، بالرغم من أن الحرارة المثلى تختلف من نوع لآخر . فإذا انخفضت الحرارة كثيرا أصبح الحيوان بلید الحركة وبطؤت ضربات قلبه وانخفض معدل تنفسه . وهو فى هذا الوضع

يستطيع أن يحيا ، لكنه لا يستطيع أن يأكل أو أن يتناسل . فإذا ارتفعت درجة الحرارة كثيرا ، فقد يموت بسرعة لاختلال كيميائه الداخلية . وحرارة جسم الزواحف النشط هي نفسها حرارة جسم الثديى - بل وقد تكون أعلى ، وتسمح الثدييات لحرارة جسمها فى البيئات الشتوى أن تنخفض لتصبح أعلى درجة أو درجتين مثويتين من حرارة الجو المحيط . وعلى هذا فمن الممكن أن تكون ثابته الحرارة باردة ، كما يمكن لمتغيرات الحرارة أن تكون دافئة . أما الحرارة الفعالة التى ينشط فيها كلا الصنفين فهى واحدة . غير أنه من الصحيح أيضا أن معظم الحيوانات من ثابته الحرارة تستطيع أن تحيا فى جو حرارته فوق الصفر بدرجة أو درجتين مثويتين - ثمة أسماك يمكنها أن تبقى نشطة فى المياه القطبية التى تنخفض حرارتها فعلا عن الصفر . أن تحمل الحرارة المنخفضة أسهل من تحمل الحرارة المرتفعة .

والفارق بين هذين النمطين من الحيوانات لا يختص بدرجة حرارة الجسم وإنما بالوسيلة التى بها تنظم هذه الحرارة . فمتغيرات الحرارة تدفع نفسها بالشمس ، وتبرد أجسامها بالالتجاء الى الظلال أو المياه ، وهى حساسة بما فيه الكفاية لدفع أجسامها أو برودتها ، بحيث تستطيع أن تعرف مقدما متى تحتاج الى التحرك من موقعها الى موقع آخر دافئ أو أبرد . أما ثابته الحرارة فلها أجهزة احساس داخلية وآليات فسيولوجية - كالعرق واللهث والارتعاش - يمكن بها أن تدفع أجسامها أو تبردها ، دون اللجوء الى معونة من خارجها ، وهكذا يمكنها من أن تستعمر مناطق شديدة البرودة أو شديدة الحرارة تخرج عن نطاق معظم متغيرات الحرارة . (ثمة استثناءات لهذه القاعدة - فالبرمائيات المتغيرة الحرارة كالضفادع تزدهر عند خطوط العرض العليا ، كما توجد أفاع داخل الدائرة القطبية . وفى الصحارى الحارة تنجح اللافقاريات والزواحف المتغيرة الحرارة ، جنبا الى جنب مع الثدييات) . أن الميزة الحقيقية - تلك التى تمكن الأفاعى من الحياة حيث لا تستطيع الثعابين منافستها - هى قدرتها على ولادة الأحياء ، فهذا يرفع كثيرا فرص الحياة بالنسبة للصغار ، ويقلل من استثمارات الحيوانات فى التناسل . وسنعود الى هذا فى الفصل التاسع عندما نناقش موضوع التضمينات التطورية للواقعة .

فى نفس الوقت ، سنجد أن ثمة جزاء يصيب الحيوان إذا كان ثابت الحرارة . فحرارة الجسم فى مثل هذه الحيوانات تتولد عن هضم الطعام وعن النشاط العضلى - كالارتجاف ، كما أن التخلص من الحرارة قد يتطلب نشاطا - كاللهث . وعلى هذا فإن تنظيم حرارة

الجسم بالطريق الداخلى يتطلب بذل طاقة ، وهذا يزيد من كمية الطعام التى يحتاجها الحيوان . فالذبابة على سبيل المثال تموت جوعا اذا حرمت من الطعام فترة لا تزيد عن بضع ساعات ، فهى لا بد أن تأكل باستمرار . وهى لا تحتاج كل هذا الطعام كى تصلح أنسجة جسمها أو لتوفير الطاقة اللازمة للتنفس أو الحركة - إنما تحتاجه لتوليد طاقة الجسم - وجسمها الصغير يعنى أن كتلتها صغيرة بالنسبة لمساحة سطحها وبذا فهى تفقد الحرارة بسرعة . أما ثابثات الحرارة الكبيرة الحجم فتقاسى من المعوق المضاد ، فمساحة السطح الصغير تجعل من الصعب عليها أن تفقد حرارة الجسم لتظل باردة .

كيف أمكن لبعض الزواحف أن يتأقلم لنمط حياة ليلية ؟ كيف تنجح وهى المتغيرة الحرارة فى أن تحفظ لجسمها الدفء الكافى للنشاط ؟ أن معظم الزواحف الحالية نهائية الحياة ، والأنواع الليلية ليست متخصصة فى التغذية ليلا ، وهى لا تتغذى الا اذا كان الجو دافئا . ونحن نفترض أن زواحف العصر الطباشيرى كانت متغيرة الحرارة . ولكن ، لماذا ؟ ان السبب الأساسى فى ذلك هو أن الزواحف المعاصرة متغيرة الحرارة ، ولكن هذا لا يستتبعه بالضرورة أن تكون كل الزواحف هكذا على طول تاريخها فوق الأرض . ونحن نميل أيضا الى الفرض بأن الانتخاب الطبيعى يحاسبى ثابتات الحرارة ، ولكننا قد رأينا - وسنقترح ثانية فى الفصل الثامن - أن ثبات الحرارة له مضاره وله منافع .

لو أنا افترضنا أن بعض زواحف العصر الطباشيرى كانت ثابتة الحرارة ، لكان اختفاؤها اسهل فى التفهم ، إذ يلزم عندئذ أن تضرب كمية غذاء كل منها فى عشرة . فإذا ما فعلنا ذلك فسنرى أنه سيصعب بقاء حتى صفار أصغر أنواع الدينوصورات . أما الحيوانات الضخمة جدا فستندثر سواء اكانت ثابتة الحرارة أو متغيرة الحرارة ، لأن حاجاتها من الغذاء ستزيد كثيرا عن المتاح ، حتى لو كانت متغيرة الحرارة . سيعانى الكل من الجوع القاتل . غير أن الزواحف المتغيرة ستصيب نجاها أكبر ، وربما كان هذا هو السبب فى أن نجد كل الزواحف الحالية من ذوات الدم البارد .

هناك سبب آخر للفرض بأن كل الحيوانات الكبيرة التى تعيش على اليابسة تنظم حرارة أجسامها على الأغلب بوسائل داخلية : فالوسائل الخارجية قد لا تكفى . ان النشاط الطبيعى للحيوان يولد حرارة ، ولكنه يفقد الحرارة من سطح الجسم . فإذا كان سطح الجسم صغيرا بالنسبة لحجم الجسم الذى ينتج الحرارة ، فإن احتجاز الحرارة

قد يكون خطرا • وليس ثمة حيوان ضخم يتحلى بتحمل متميز للحرارة، والحيوانات الضخمة التى تحيا بالمناطق الاستوائية تتمرغ فى الماء أو الوحل لتبريد أجسامها • ورغم ذلك فالثدييات أجهزة تنظيم داخلية ، والحيوان الذى لا يمتلك مثل هذه الأجهزة سيقاسى كثيرا فى الجو الحار • ومن المعتقد أن بعض الزواحف المنقرضة الضخمة جدا كانت مائية بعض الوقت • لكن ثمة الكثير ممن لم يكن كذلك خصوصا فى نهاية العصر الطباشيرى • فالكارنوصورات الضخمة كانت تصطاد على البر ، وكانت تعتمد على رجلين : على طرفين خلفيين كبيرين قوين وطرفين أماميين ضعيفين صغيرين ، ولم يكن فى استطاعتها على الأغلب أن تتحرك على أربع ، ولا حتى مؤقتا • وليس من طريقة كانت تستطيع بها أن تتحرك الى الماء أو منه اذا كان عميقا ليغمر الأجزاء العليا من أجسامها • وبعض الهادروصورات - تلك الزواحف ذات المنقار الشبيه بمنقار البط والتى عاشت فى قطعان وكانت وفيرة العدد فى نهاية الطباشيرى - كانت لها وترة غشائية بين أصابع الأطراف الأمامية ، فلو كانت يوما تحيا فى الماء فالواضح أنها قد تركته قبل انقراضها بوقت طويل • كانت لأطرافها الخلفية أظلاف ، وبينت محتويات المعدة بالعينات الحفرية أنها كانت تتغذى على الفواكه والأغصان وأوراق الصنوبر الابرية ، وهو غذاء يناسب أسنانها تماما ، كما أنه نمطى للحياة على أرض جافة • لا شك أنها كانت تجد صعوبة فى تبريد أجسامها ، ومن المنطقى أن نفترض أنها كانت ثابتة الحرارة - وكذا أيضا البعض غيرها من الزواحف الكبيرة الحجم •

فإذا ما كانت الزواحف الثابتة الحرارة لا تزال تبدو فظيعة، فلعلنا نتذكر أن الطيور والثدييات لحد علمنا كانت لها أسلاف من الزواحف • ولقد عاشت بكل تأكيد زواحف شبيهة بالطيور وأخرى شبيهة بالثدييات • فهل كانت هذه الزواحف ثابتة الحرارة ، أم أنها اكتسبت القدرة على التنظيم الداخلى لحرارة الجسم بعد ظهور الطيور الحقيقية والثدييات الحقيقية ؟ اذا كان الأمر كذلك فلا بد أن نفترض أن الطيور والثدييات كانت يوما متغيرة الحرارة - وهى فكرة لا تقل فظاعة عن سابقتها ! ونحن لا نستطيع أن نقبل هذه مع تلك • فاما أن بعض الزواحف كان ثابت الحرارة وأما أن بعض الطيور والثدييات كان متغير الحرارة •

من المشوق أن نذكر هنا أن القدرة على التنظيم الداخلى لحرارة الجسم قد تطورت على ما يبدو ببطء كجزء من الجهاز العصبى الأعلى ، وأنها قد تفقد وقد تلغى • ولقد سبق أن عرضنا للحيوانات ذات البيات الشتوى ، التى تسمح لحرارة أجسامها أن تنخفض لغياب الغذاء وانخفاض حرارة الجو ، وعدم قدرتها على المحافظة على حرارتها

العالية • وهناك من الحيوانات الثابتة الحرارة ما يمكنه أن يسلك كما لو كان حيوانات متغيرة الحرارة تحت التخدير ، وهذا على ما يبدو يتلف آلية التنظيم الحرارى ، كما أن هذه الآلية قد تتلف أيضا إذا أصيب الحبل الشوكي ، ومثل هذه الاصابة قد تحول حتى الانسان الى ما يشبه متغيرات الحرارة الحقيقية • وصغار الطيور لا تستطيع أن تنظم حرارة أجسامها ، فهذه قدرة لا تتطور الا بتقدم العمر •

يتضح لنا الآن أنه من المعقول أن تكون المادة الدقائقية التى قذف بها اصطدام الكويكب والنشاط البركانى الذى حدث فى أعقابه ، قد تسببت فى فترة طويلة من الظلام • كما يتضح أن مثل هذه الفترة يمكن أن تفسر نمط الانقراض الذى قد حدث • غير أنه من المؤكد أيضا أن الظلام إذا ما استمر سنينا فسيقود الى تبريد حاد فى جو الأرض • لقد انخفضت الحرارة انخفاضا ملحوظا فى السنين التى أعقبت انفجار كراكاتوا عام ١٨٨٣ • وليس هذا هو المثال الوحيد لدينا • فلقد كان شتاء عام ١٧٨٤ قاسيا بشكل غير عادى • وقد عزا بنجامين فرنكلين هذا - وربما كان على حق - الى ما أسماه « الضباب الجاف » الناتج عن غبار انفجار بركانى • ونحن لا نعرف بالضبط ما كان يعنيه فرنكلين بالضباب الجاف ، ولكننا نعرف أن وجود أى نوع من الغيم الدقائقى فى الطروبوسفير يؤدى الى تدفئة الجو ، وبذا فلا بد أن يكون « الضباب » موجودا فى الستراتوسفير (انظر صفحة ١٢٩) • ربما كان اذن قد شاهد طبقة رقيقة دائمة من السحاب المرتفع •

قد تكون قصة فرانكنشتاين ومسحه ثمرة انفجار بركانى • ان من المحتمل جدا أن يكون مثل هذا الانفجار هو الذى تسبب فى الجو القظييع صيف عام ١٨١٦ فأبقى بيرسى شيلى ومارى جودوين وكليركليرمونت ولورد بيرون فى عقر دارهم اثناء زيارتهم لجنيف ، وهما الظروف الرومانسية التى قادت مارى لتكتب رواية فرانكنشتاين ، وبيرون ليكتب جزءا من « تشايلد هارولد » وكليركليرمونت من بيرون وشيلى ومارى ليخططا لزواجهما الذى تم فى نهاية نفس العام • فالجو الرديء ليس دائما بالعقيم ! كان بيرون فى جنيف أصلا بسبب فضيحة علاقته بأخته غير الشقيقة ، التى استغزت زوجته لتهجره ومعها طفلتها الوليدة • شبت هذه الابنة - أوجستا آدا - لتصبح آدا لوفليس مساعدة الرياضى الانجليزى تشرلس باباج ، اول مبرمج عالمى للكمبيوتر •

لدينا براهين على أن البحار قد دفنت كنتيجة مباشرة لاصطدام الكويكب ، وعلى حدوث تبريد عام تدريجى فى الجزء الأخير من العصر الطباشيرى • ولكن لا براهين على تبريد مفاجئ على مستوى الكرة

الأرضية • ومن المؤكد أنه لم يكن ثمة تثليج • ويكاد يكون من المؤكد أن التدهور الحاد في المناخ يقود إلى التثليج ، على الأقل عند خطوط العرض العليا • فهل يعنى هذا أن علينا أن نستبعد نظرية الاظلام ؟

إذا ما كان الظلام التام قد خيم على العالم فترة بلغت سنينا ، فإن هذا لا يعنى بالضرورة أن سطح الأرض قد برد • نحن نعرف في حالتنا هذه أن الكثير من الغبار قد دخل الغلاف الجوى ، ونحن نعرف أيضا أنه لم يحدث ثمة تبريد كبير • وعلى هذا يمكننا أن نستنبط أننا نتعامل مع واقعة تختلف تماما عن واقعة انفجار كراكاتوا أو أى انفجار بركانى آخر • اننا نخدع أنفسنا إذا افترضنا أن الواقعة تشبه واقعة كراكاتوا ، ثم نتصور أن آثارها هي مضاعفات لآثار كراكاتوا ، ثم لا نجد شواهد من الآثار التي اعتبرناها حتمية ، فنرفض بذلك الواقعة نفسها •

ان وجود الجسيمات الدقيقة للمواد الصلبة في الغلاف الجوى يمكن أن يغير المناخ ، لكن طريقة احداث هذا الأثر معقدة ، وتتوقف على الجسيمات نفسها وعلى موقعها • ولكي نفهم هذا علينا أن نتمعن قليلا في الغلاف الجوى نفسه • وهذا ما سنفعله في الفصل التالي حيث سنعالج الطرق التي يمكن بها للكويكب المصسطدم أن يغير مؤقتا من تركيب الهواء نفسه ، ربما ليعتمه ، مسهما بذلك في الاظلام ، ومنتجا بكل تأكيد ظروفًا غير ملائمة لحياة النبات أو لحياة الحيوان أو لهما سويا •

أما عن الاظلام الطويل ، فسنكتفى الآن بالقول بأنه من الممكن أن يكون العالم مظلما ، وأن يظل رغم ذلك دافئا • ومن الممكن أن نستخدم الظلام في تبرير الانقراض - مدى وتوزيعا - وليس هناك من سبب يدعو للفرض بأنه لم يحدث •

الفصل الثامن

التلوث الرهيب للجو

بعد الثورة المذهلة لبركان جبل سان هيلين بولاية واشنطن يوم ١٨ مايو ١٩٨٠ ، تلك التي دفنت ٧ ملايين هكتار من الأرض تحت الرماد ، تقدم بعض المهتمين من الظرفاء بشكاوى الى وكالة حماية البيئة الأمريكية . بلغ سمك الرماد فى بعض المناطق ٧٥ سنتيمترا ، وغطى أوراق النباتات حتى بعد ٢٠٠ كيلو متر من مكان الانفجار بحيث تعذر التمثيل الصوتى . اراد المواطنون أن يعرفوا اللوائح التى ستعدها الوكالة لتجعل من انفجار البراكين بهذه الطريقة فى المستقبل أمرا غير قانونى . فلو أن الجبل كان مصنعا ، فلن نجد على أية حال شاهدا محترما يشهد بقيمة المصنع الجمالية (السابقة) أو قيمته الخدمية أو العلمية (الحالية) ليحمى صاحبه من سجن طويل ، ومن القضايا المدنية التى ستكلفه بلا شك مكاسبه خلال العشرة ملايين سنة القادمة . كان المواطنون الظرفاء بالطبع يمزحون ، لكنها مزحة - مثل كل نكتة جيدة - لها لب من التفكير العميق .

يزعجنا التلوث الذى نسببه . ونحن على حق فى ذلك . ولكن لا يجب أن ننسى أن أمنا الطبيعة عندما تنوى أن تقوم بعملية التلويث فإنها تفعل ذلك على مستوى هائل حقا ، والتلوث الذى تصنعه لا يقل ضرره عما نصنعه نحن .

بعد أن خمد بركان سانت هيلين غدا هواء واشنطن فى مثل نقائه (أو تلوثه) قبل الانفجار . سقط على الأرض الرماد الذى كان موجودا بالهواء السفلى - الذى يتنفسه الانسان . كان التنفس صعبا بعد الانفجار مباشرة ، ولكن ذلك لم يستمر الا وقتا قصيرا جدا ، نقصد أن الغبار قد هبط بسرعة . فى نفس الوقت كانت الغازات فى الرأس التى ارتفعت الى اعلى فى الهواء قد تفاعلت وتركت وراءها سحابة من قطيرات

دقيقة جدا من حامض الكبريتيك انساقت عبر العالم كله . التقط فريق من العلماء الأوربيين (م . أكرمان ، س . ليبنز ، م . ليشيفالييه) صورا فوتوغرافية مستخدمين كاميرات - يمكن التحكم فيها من بعد - تحملها بالونات الى ارتفاع ٣ كيلو مترا . ولقد بينت هذه الصور أنه بينما كان هواء الستراتوسفير فوق أوربا صافيا بدرجة معقولة يوم ٧ مايو ، إلا أن ثمة ضبابا أبيض من القطيرات يتراوح سمكه ما بين ١٠٠ متر وبضعة كيلومترات ، نشر يوم ٥ يونيو ملاءة يصعب من خلالها رؤية قمم السحب من تحتها . توقع هؤلاء العلماء ومثلهم كثير من الناس أن يقوم هذا الضباب بتقليل كمية الاشعاع الشمسي الذي يصل الى الأرض ، وبذا تنخفض حرارة الهواء ، مسببا صيفا فقيرا وشتاء قاسيا . ولكن ثبت خطأهم . كان شتاء ١٩٨٠ - ١٩٨١ شتاء معتدلا .

هذا المثال يبين خطأ الافتراض بأن الوضوح هو سمة علم الأرصاد الجوية . لا شيء بسيط فيما يحدث في الغلاف الجوي ، الكثير منه غير مفهوم جيدا ، وغير مفهوم اطلاقا . والكويكب المصطدم بالأرض سيقذف في الهواء - بجانب الضباب - بكميات من الجسيمات الصلبة أكبر بكثير مما يقذف به أى بركان ولكن هذا لا يستتبعه أن تكون النتيجة هي الجو البارد .

يجب أن نعتبر الغلاف الجوي مقسما الى طبقتين : غلاف داخلي وآخر خارجي يفصلهما حد واضح (الحقيقة أن ثمة أغلفة خارجية أكثر ، لكنها لا تهمنا) . الغلاف الداخلي أو السفلي يسمى الطروبوسفير ، ويمتد من سطح الأرض حتى الحد الفاصل الذي يسمى الطروبوبوز ، والذي يختلف ارتفاعه من مكان لآخر ، ومن يوم ليوم ، وقد يصل ارتفاعه الى عشرة كيلومترات فقط فوق القطبين وقد يزيد عن عشرين كيلومترا فوق خط الاستواء . والكثير من الطائرات الحربية والمدنية الحديثة تطير بانتظام داخل الستراتوسفير ، وهو الغلاف الخارجي . وهذا الغلاف يمتد لارتفاع يبلغ نحو ٨٠ كيلومترا ، حيث يفصله حد آخر - يسمى الستراتوبوز - عن الطبقات أعلاه .

والطروبوسفير والستراتوسفير كلاهما مكونان من الهواء : ٧٨٪ تقريبا من النيتروجين و ٢١٪ من الأكسجين ، وباقي المائة من ثاني اكسيد الكربون ، والارجون وغازات أخرى ، بجانب كميات متغيرة من بخار الماء ، الذي يكاد ينحصر وجوده في الطروبوسفير . وفي الطبقات الوسطى من الستراتوسفير - ما بين ١٥ و ٣٠ كيلومترا فوق سطح الأرض - تتسبب الأشعة فوق البنفسجية النافذة في تفكك جزيئات الأكسجين المعادية التي مكوناتها من الذرات ، لتتخذ بعض هذه الذرات في مجاميع

من ثلاث ذرات - لا اثنين - فيصبح الأكسجين أوزونا • وهذه هي طبقة الأوزون •

ثمة فارق هام ما بين الطروبوسفير والستراتوسفير تسببه درجة الحرارة فهما فحرارة الهواء في الطروبوسفير تتناقص بالارتفاع ، ويختلف مدى معدل التناقص من مكان لآخر ، ومن وقت لآخر ، حسب الظروف الجوية ، كما أن التقلبات الحرارية المحلية قد تنتج وضعا مؤقتا يحبس فيه هواء ساخن فوق هواء بارد ، بحيث تزداد الحرارة فعلا مع الارتفاع ، لكن النمط العادي هو انخفاض الحرارة بزيادة الارتفاع • أما في الطروبوبوز فتتراوح درجة الحرارة ما بين - ٥٥ و - ٩٠ درجة مئوية • وتبقى هذه الحرارة ثابتة في المناطق السفلى من الستراتوسفير ، أما في المستويات العليا منه فتبتدئ الحرارة مرة أخرى في التزايد لتصل إلى ذروتها (+ ٢° م) على ارتفاع ٥٠ كيلومترا ، ثم تتناقص مرة أخرى في الستراتوسفير الأعلى حتى تصل - على بعد ٨٠ كيلومترا - إلى نحو - ٨٣° م • والأرقام ليست مهمة ، لكن حقيقة انخفاض الحرارة مع الارتفاع داخل الطروبوسفير - وليس في الستراتوسفير - هي أمر هام حقا •

تخيل الشمس ساطعة تدفئ منطقة من سطح الأرض • سيدفئ الهواء الملاصق لهذا السطح الدافئ • فإذا ما أصبح دافئا تحركت جزيئاته بعنف أكبر ليتمدد الهواء ، وفي تمده تقل كثافته ، ويانخفض كثافته يصبح أخف من الهواء الأبرد الذي يحيط به ، وبذا يرتفع إلى أعلى ، وبارتفاعه تنخفض حرارته ، سيرتفع ليصل في نهاية المطاف إلى نقطة عندها تصبح حرارته وكثافته مساوية لنظيرتيهما بالهواء المحيط ، عندئذ يتوقف عن الصعود • فإذا ما كان في البداية دافئا بكثير من الهواء المحيط ، فقد يستمر في الصعود حتى يصل إلى الطروبوسفير • على أنه ما أن يصل الطروبوبوز حتى يكون قد يرد ليصل إلى نفس حرارة الهواء من فوقه • وهو لا بد أن يبرد لأن الطروبوبوز هو الحد الذي فوقه تثبت الحرارة ولا تتأثر بالارتفاع • وعلى هذا فإن الهواء لا يدخل الستراتوسفير •

وحزمة الهواء الصاعد هذه هي مجرد شيء نظري تماما • ففي العالم الواقعي لا يتسبب مثل هذا التسخين السطحي في حزمة واحدة من الهواء الساخن ، إنما في تيار من الهواء الصاعد - تيار حراري يزيد من بهجة قائدي الطائرات الشراعية ومن يتدلى منها • والحقيقة الأساسية هي أن ما يدخل الستراتوسفير من هواء الطروبوسفير قدر

ضئيل جدا . رحيثما يكون الهواء أبرد من الهواء المحيط به وأكثر كثافة فإنه سيهبط ، وينفس الشكل بالضبط سنجد أن الطروبوسفير يمنع هواء الستراتوسفير من الهبوط ، لأن درجة الحرارة تبقى ثابتة مباشرة بعد الحد الفاصل ، مهما كان الارتفاع . يتم تبادل الهواء عبر الطروبوبوز ، لكن هذا لا يحدث في معظمه إلا فوق خط الاستواء ، حيث يدخل الهواء الستراتوسفير ، وفوق القطبين حيث يترك الهواء الستراتوسفير . ومعدل التبادل بطيء ، والطبقتان متميزتان تماما .

وأولى نتائج هذا هو أنه لا يمر إلى الستراتوسفير إلا قدر ضئيل فقط. من أية مادة تدخل الطروبوسفير ، لكن أيًا من هذه المواد التي تحمل عبر الطروبوبوز تميل إلى البقاء في منطقة دخولها . ومرور أية مادة دقائقية من الطروبوسفير إلى الستراتوسفير عملية صعبة كمثال مرور جزيئات الغاز ، لكنها ان نجحت في الدخول فستبقى في الستراتوسفير فترة جد طويلة .

وثانية النتائج هي أن الستراتوسفير يميل لأن يكون ثابتا جدا ، وأن يكون الهواء بداخله جافا جدا . وهو جاف لأن بخار الماء لا يمكنه أن يدخل الغلاف الجوي إلا عن طريق التبخر من سطح الأرض ، وبازدياد الارتفاع في الغلاف الجوي يتكثف الماء - بل ونكاد نقول يعصر الماء - ثم يسقط . وحرارة الطروبوبوز منخفضة لدرجة لا تسمح إلا لبضعة أجزاء من المليون من بخار الماء بالبقاء في الهواء ، وبذا فكمية الماء الموجودة في الحد الفاصل والتي يمكنها العبور إلى الغلاف الجوي الأعلى كمية ضئيلة جدا . والستراتوسفير ثابت لأنه محمى ضد الحوادث العنيفة التي تجعل الطروبوسفير منطقة مضطربة .

هذا الاضطراب يسببه تبادل الحرارة بين سطح الأرض وسطح الماء وبين الهواء الموجود فوقهما مباشرة ، إذ أن هذا التبادل يتسبب في تكوين كتل كبيرة من الهواء لها درجات حرارة مختلفة تتحرك في مواجهة بعضها البعض ولا تختلط إلا ببطء . وتحدث العواصف عندما تتركب كتلة هواء ساخنة أخرى من هواء بارد . ومثل هذه الكتل لا تمتزج إلا ببطء ، لأنه بالرغم من تدفق الهواء من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض ، فإن دوران الأرض يحرف الهواء المتحرك ناحية الشمال أو ناحية الجنوب . فالهواء على أية حال يتحرك مع الأرض في دورانها ، لكن السرعة الفعلية للدوران تختلف باختلاف خط العرض - نعلم أن نقطة على خط الاستواء لا بد أن تتحرك مسافة أكبر من أخرى قرب أحد القطبين ، كي تكمل الدورة اليومية ، وبذا فلا بد

ان تتحرك أسرع • والهواء الذى يتحرك الى الشمال او الى الجنوب يشرع فى حركته بسرعة دوران خط العرض الذى يتسدىء منه • فهو يتحرك شمالا فى نصف الكرة الشمالى ، • والحركة تجاه الشرق - التى « يكتسبها » ستكون اذن أسرع من الحركة الى الشرق فوق المنطقة التى يدخلها ، وبذا فانه يتحرك الى الشرق •• اما اذا تحرك نحو الجنوب ، فان الانحراف سيكون فى الاتجاه العكسى • وتكون النتيجة هى أن يتحرك الهواء حول مناطق من ضغط عالى أو منخفض فى شكل حلزونى ضحل ، بدلا من التحرك مباشرة نحو المركز أو منه •

فى خضم هذا كله يقوم السطح غير المستوى للأرض بإعاقة الهواء المتحرك ، كما تتحول الرياح بسببه الى دوامات دائرية حول العوائق ، ثم انه يتسبب فى رفع الهواء وتبريده - وربما فقد أيضا بعضا من رطوبته - أثناء عبوره المناطق المرتفعة ، ليهبط ويصبح دافئا بمروره فوق الأراضى المنخفضة • اما داخل كتل الهواء نفسها فسنجد أن التسخين والتبريد السطحي التفاضلى يتسبب فى ظواهر حمل حرارى محلية • ان هذا الاضطراب ، هذا التقلب الملازم ، هو ما يصنع مناخ الأرض • ولما كان للماء أهميته ، وهو دائما ما يغير فى حالته (فهو صلب أو سائل أو غاز) فانه لا يغير فقط من المناخ ، انما يجعل من الصعب أيضا أن يقولب المناخ بدقة ، ليصبح تنبؤنا به أمرا يكتنفه الشك • ليس أذن من المستغرب أن يخصص البعض من أكبر الحاسبات العلمية فى العالم لتنميط نماذج للمناخ •

غير أن المناخ يقتصر كليا على الطروبوسفير • ويؤثر الستراتوسفير بقوة على ما يحدث فى الطروبوسفير ، وان كان أثره غير مفهوم جيدا ، لكنه لا يعرف المناخ المألوف لنا •

دعنا نعود الآن لكل هذا الغبار الذى نفترض دخوله فى الغلاف الجوى عقب اصطدام الكويكب • ان معظم هذا الغبار كما ذكرنا سيقذف به بعنف الى الغلاف الجوى العلوى ، بل أن بعضه قد يطرد خارج هذا الغلاف تماما • لكن بعضه الآخر سيبقى فى الطروبوسفير • وتسمى الجسيمات الدقيقة التى تسبح فى الغلاف الجوى علميا باسم « ايروسولات » • وسنستعمل هذه الكلمة فيما يلى فى وصف هذه الجسيمات •

ان الاضطراب فى الطروبوسفير يضمن ألا تبقى الايروسولات به طويلا ، فهى تغسل أجلا أو عاجلا بواسطة الأمطار ، أو هى تحمّل

بحركة الهواء لتلامس اسطح تلتصق بها . وهى ان لم تكن كبيرة جدا فستسقط ببطء بسبب وزنها : فلزوجة الهواء تعارض قوة الجاذبية المؤثرة عليها . وهى تجدد من فوق عندما يفقدها الطروبوسفير ، وبرغم المعدل البطيء للتبادل عبر الطروبوز ، فثمة تبادل يحدث ، وستظل الايروسولات تدخل الطروبوسفير حتى يستهلك كل الرصيد بالمستويات العليا .

يمكن للايروسولات ان تؤثر فى حرارة الستراتوسفير ، ولكن هذا لايعطى بالضرورة اثرا مماثلا بالغلاف الجوى السفلى . ان الامر يتوقف على الايروسولات نفسها ، فاذا كانت صغيرة جدا - قطرها يبلغ نحو واحد من عشرة آلاف من المليمتر - فالأغلب ان تتسبب فى تبريد الجو السفلى ، اما اذا كانت اكبر من ذلك ، فقد لا تؤثر على الاطلاق ، او قد تسبب بعض التدفئة .

ان حجم الايروسولات يحدد ما تؤثر فيه من موجات الاشعاع ، كما ان لونها يحدد ما اذا كانت ستمتص الاشعاع ام ستعكسه . فالغلاف الجوى يتلقى الاشعاع من الشمس ، ومعظمه قصير الموجة ، كما يتلقى اشعاعا طويل الموجة من سطح الأرض نفسها اذا ما سخن ، فالسطح الساخن يصدر اشعاعات طويلة الموجة . والايروسولات الدقيقة جدا يمكنها ان تعترض الاشعاع القصير الموجة ، وهذا الاشعاع اذا ما انعكس تشتت ، ولكن لما كان الاشعاع يأتى من أعلى ، فان الانعكاس فى معظمه سيعود به الى الفضاء . فاذا نظرنا من الفضاء ، فسنجد ان وجود الكثير من هذه الايروسولات يتسبب فى ان تبدو الأرض أكثر لمعانا : فهى تزيد من الببدو الأرض (قدرتها على الانعكاس) .

اذا ما امتصت الايروسولات الاشعاع سخنت وبعثت باشعاع طويل الموجة ، ولما كانت الايروسولات نفسها الآن هى المصدر ، فسيتم الانبعاث فى كل الاتجاهات ومنها الاتجاه الى أسفل . وكمية الاشعاع الداخلى فى الغلاف الجوى ككل تكاد تعادل بالضبط كمية الاشعاع الخارج منه . فاذا لم يكن الأمر كذلك ، فان الأرض تغدو أدفا أو أبرد .

والايروسولات الستراتوسفيرية قد تعكس الاشعاع ، وقد تمتصه وتعيد تشعيه . وفى كلتا الحالتين فانها تعجل من تصدير الحرارة من هذه المنطقة من الغلاف الجوى ، وتكون النتيجة بالضرورة هى تبريد الستراتوسفير . على انها اذا قامت باعادة التشيع فان نسبة من هذه الطاقة المصدرة ستدخل الطروبوسفير ، ليعترض البعض منها الايروسولات الطروبوسفيرية ، اما البعض الباقي فيسير الى السطح

ليسخنه ، أو يسخن الايروسولات المعترضة مما يتسبب في اعادة التشيع . مرة أخرى سيفقد الى الفضاء بعض من هذا الاشعاع المعاد وسيوجه البعض الآخر الى اسفل ، ليسخن الأرض مرة أخرى ، وليعترض البعض منه ايروسولات أخرى تسخن وبهذه الطريقة يمكن ان تقع الطاقة في شرك الطروبوسفير .

وفي الطروبوسفير تتسبب الايروسولات الفاتحة اللون - ذات الالبيدو المرتفع - في التبريد ، بينما تتسبب الغامقة اللون - ولها قيمة البيدو منخفضة - في التدفئة . وفي عالمنا المعاصر نستجد ان معظم الايروسولات الشائعة في الستراتوسفير هي من حامض الكبريتيك ، وله قيمة البيدو عالية ، وهو يتكون في الستراتوسفير نفسه باكسدة مركبات الكبريت الغازية التي تدخل عبر الطروبوبوز . والايروسولات الأكثر شيوعا في الطروبوسفير هي حامض الكبريتيك وايضا سلفات النشادر والتراب - وهذا من رماد الصخور ، ولهذين الآخرين قيمة البيدو مرتفعة ، وهما يبردان السطح . اما السناج (الهباب) فله قيمة البيدو منخفضة ويسبب التدفئة .

في مقالة نشرت بمجلة العلوم الأمريكية عام ١٩٨٠ قام المؤلفان اوين ب . تون ، جيمس ب . بولاك بتلخيص الوضع الحالي لمعرفتنا بآثار الجسيمات الدقيقة بالغلاف الجوي : « يمكن لايروسولات الغلاف الجوي ان تؤثر في المناخ ، لقد فعلت ذلك مؤكدا في الماضي ، والأغلب انها تقوم بذلك الآن ايضا . اما نوع الأثر فيتوقف على حجم الايروسولات وتركيبها ، وموقعها - ان كانت في الطروبوسفير أو الستراتوسفير ... فإضافة المواد الشبه شفافة الى الغلاف الجوي السفلى - مواد كالكبريتات ومعظم جسيمات التربة - يسبب تبريد سطح الأرض ، أما اضافة المواد المعتمة الى الغلاف الجوي - مواد كالسناج - فيسبب دفء هذا الغلاف . ولما كانت أنشطة الانسان تضيف السناج والكبريتات والتراب الى مناطق مختلفة من الغلاف الجوي السفلى ، فمن الجائز ان تدفأ بعض الجهات بينما تبرد غيرها ، » .

فإذا ما تفحصنا الايروسولات التي تدخل الطروبوسفير نتيجة لثورة بركانية أو لاصطدام كالأذى قمنا بوصفه ، فان أكثر الآثار احتمالا سيكون تدفئة السطح . أما ايروسولات الستراتوسفير فقد تنتج تبريدا أو تدفئة لسطح الأرض .

قد يتسبب هذا في بعض التشويش ، ان يبدو مناقيا للعقل . فأنت اذا خرجت للتنزه في يوم غائم الشمس ، فستشعر بأن الجو أبرد

من يوم صنعوا ضاقي السماء . وحواسك لم تخدعك هنا : فانت لا شك تشعر بأن الجو أبرد . فالغيم يقلل كمية الاشعاع الشمسى المباشر الذى نلتقاه - ان يمتصه هو بعيدا من فوق رأسك - والاشعاع الشمسى المباشر هو ما يدفئك . والغيم يشكل ملاءة تمتص أيضا الحرارة التى يعاد تشعيها من سطح الأرض . ستشعر بالبرد ، لكن الجو سيكون بالفعل أدفأ - بل وكذا البيئة كلها ، لأن الحرارة المشعة تمتص وتوزع خلال كتلة تضم الغلاف الجوى على طول المسافة حتى قمة الغيم .

تعطى جزيئات ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء أثرا مدفئا أيضا عن طريق يختلف بعض الشيء ، وكان الموضوع ليس به ما يكفى من التعقيد . فهى شفاقة تمرر الاشعاع القصير الموجه ، لكنها معتمدة بالنسبة للاشعاع الطويل الموجه ، وعلى هذا فهى تسمح بمرور الاشعاع القادم ، أما الاشعاع الطويل الموجه الخارج فتحبسه وتعيد تشعيه ، وهذا ما يسمى « ظاهرة الصوبة » ، وان كانت « الظاهرة » فى الصوبة تحدث أساسا بسبب الزجاج ، فهذا شفاف أيضا للموجات القصيرة ومعتم للموجات الطويلة ، لكن أهم آثاره هو أنه يمنع انتشار الهواء ، وبذا يحبس الهواء الذى يسخن ، فلا يحل محله هواء بارد من الخارج .

من سنين قليلة مضت كان البعض يعتقدون أن ما يقوم به الانسان من احراق للوقود الهيدروكربونى (الفحم ، والبترو ، والغاز الطبيعى) سيجعل الأرض أدفأ ، وأن ضخ الايروسولات فى الهواء عن طريق المصانع والتوسع العالمى فى الزراعة سيجعل الأرض أبرد ، وبذا سينعادل كل منهما الآخر . ونحن نعرف الآن أن هذا خطأ . ان مناخ النصف الشمالى للأرض يبرد لأسباب لا علاقة لها بالنشاط البشرى ، كما أن أثر ما يسببه الانسان من انتاج لثانى أكسيد الكربون ، وانتاج للايروسولات إنما هو أثر تجمعى - فلا يعادل أحدهما الآخر : فكلاهما يرفع حرارة الأرض .

أردنا أن نؤكد تعقيد الوقائع فى الغلاف الجوى ، لا سيما تلك التى تتضمن الايروسولات ، كى نبين أن فكرة الفارس عن الظلام لا تتعارض بالضرورة مع ما نعرفه من عدم حدوث تبريد على مستوى الكرة الأرضية . ليس ثمة وسيلة يمكننا بها معرفة تركيب سحابة الغبار التى نجمت عن اصطدام الكويكب . ولما كان قدر كبير من المادة التى تكون هذه السحابة قد دخل الغلاف الجوى فى صورة سحابة بلازمية أو من سحابة بلازمية ، فمن الواضح أننا لا نستطيع أن نعتبر هذه السحابة شكلا مضخما مما ينتج عن بركان جبل سانت هيلين . لقد كانت مختلفة تماما .

انما الشيء المؤكد هو أن أفراد ذلك القدر الهائل من الطاقة في الغلاف الجوى ، وضع هذا القدر الرهيب من مادة الصخر والبحر فيه ، قد تسبب في « واقعة تلوث » لم يسبق أبدا أن رأينا مثلها ، ونأمل ألا نراها أبدا .

لعلك تذكر أن الغلاف الجوى مكون من نحو ٧٨٪ نيتروجين و ٢١٪ أكسجين . ولقد كان للغلاف الجوى نفس هذا التركيب منذ ٦٥ مليون عاما . عندما يسخن الهواء تسخيناً شديداً يتأكسد النيتروجين ليكون سلسلة من أكاسيد النيتروجين . وهذا يحدث مثلاً مع طاقة البرق ، وهو يحدث في النيران الحارة ، كما يحدث في آلات الاحتراق الداخلى ذات الضغط العالى . وتهتم حكومات العالم بتقليل مثل هذا العادم الناتج عن المركبات التى تسير بالبنازين وعن أفران الصناعة .

إننا نفترض تحرر قدر كبير من الطاقة ، ويبدو من المؤكد أن هذا سينتج قدراً كبيراً من أكاسيد النيتروجين . فالأجسام التى تتحرك بسرعة خلال الهواء تسبب أكسدة النيتروجين . ولقد حسب شك بارك (فى وثيقة للناسا * ظهرت عام ١٩٧٢) أن مكوك الفضاء قد يولد عشرة أطنان من أكسيد النيتريك فى كل مرة يدخل فيها الغلاف الجوى . كما أن هذا العالم قد وجد مع جين ب . مينيز (١٩٧٦) أن نسبة كبيرة من أكسيد النيتريك - الذى نعرف بوجوده فى الغلاف الجوى - قد نشأت عن الأجسام النيزكية ، ومعظمها على ارتفاع يبلغ نحو ٩٥ كيلومتراً . ولاكسيد النيتروجين آثار عديدة . فهو يتأكسد ويتهدرت فتحصل النترات وحامض النيتريك ، وهو يتفاعل فى وجود الأوزون لينتج ثانى أكسيد النيتروجين ، وهذا يمتص الاشعاعات القصيرة الموجه ، ليتحلل بذلك الى أكسيد نيتريك وأكسجين ذرى . ووجود كميات كبيرة من ثانى أكسيد النيتروجين له أثر مبرد فى الطروبوسفير . أضف الى ذلك أن ثانى أكسيد النيتروجين هو مكون أساسى فى التفاعلات التى تنتج الدخان الضبابى الكيموضوى .

ويمكن أيضاً لحامض النيتريك أن يشكل نوايا تكثيف لبخار الماء ، وهذه تغسل من الهواء بسرعة كبيرة ، فإذا ما وصل حمض النيتريك التربة فى مقادير صغيرة فمن الممكن أن يستفيد منه النبات فى غذائه ، لكنه ان وصل فى مقادير كبيرة قلت منفعته ، اذ قد يزيد من حموضة التربة وسطح الماء . ونحن نعرف اليوم أن إطلاق ثانى أكسيد الكبريت

(*) وكالة الفضاء الأمريكية .

– عن احتراق الوقود ذى المحتوى العالى من الكبريت – يسبب مشاكل
ايكولوجية وصعابا خطيرة للمزارعين ورجال الغابات فى مناطق تساقط
الغبار • وتساقط حامض الكبريتيك ستكون له نتائج مشابهة •

لقد شاع ان السبب فى المشاكل الايكولوجية الناجمة عن غبار
ثانى اكسيد الكبريت هو « المطر الحمضى » ، وهذا الاسم بيانى ويوحى
بان ملوثات الجو تغسل من الهواء لتزيد من حموضة ماء المطر ، وبالتالى
من حموضة التربة • ولقد ابتداء سوء الفهم من حقيقة أن ماء المطر
العادى حامضى قليلا ، بحيث يصعب أن تقاس الحموضة التى تسهم بها
الملوثات • الواضح أن حموضة التربة كانت تزداد ، غير أن ماء المطر
الذى كان يفحص لم يكن حامضا أكثر من العادى • الى أن اكتشف فى
آخر الأمر أن ملوثات الجو لا تصل سطح الأرض أساسا فى ماء المطر ،
وانما هى ترسب مباشرة من الهواء فوق التربة والنبات • وفى التربة
يتفاعل الحامض مع مركبات الألومنيوم ، لتنتج مركبات الألومنيوم أخرى
تسمم الأسماك اذا ما غسلت الى مياه الأنهار •

أما أثر زيادة حموضة التربة فهو الاضرار بالكثير من
مجاميع النباتات التى لا تستطيع تحمل الظروف الحامضية •
فاذا ما تزايدت حموضة التربة الى حد معين فلن يتمكن من الحياة
عليها غير فلورا الخنافس وشببياته • درس أثر الاختلافات
التى تسببها حموضة التربة والماء فى الفلورا • والحموضة تقاس
بالأس السالب لتركيز أيون الأيدروجين ، وقيمة مقياس أس الأيدروجين
هذا (٠١٠١) بالنسبة للماء المتعادل هو ٧.٠ ونقص القيمة عن ٧ يعنى زيادة
الحموضة وزيارته عن ٧ يعنى زيادة القلوية • فى مستنقع بالمنطقة المعتدلة
قيمة ٠١٠١ فيه = ١٠.٤ سنجد أن متوسط عدد الأنواع النباتية بالمتر المربع
هو خمسة ، فاذا كانت القيمة = ١٠.٦ فقد يصل المتوسط الى عشرة
أنواع ، وقد نجد عشرين نوعا بالمتر المربع بالتربة القلوية قليلا بالمناطق
المفتوحة الجافة ، فاذا كانت قيمة ١٠.١ • أقل من ١٠.٤ فلن نجد غير
نوعين أو ثلاثة • وفى الحقول والغابات والأراضي الجرداء ستطالعنا
مرة أخرى نفس الصورة : اذا نقصت قيمة ١٠.١ • عن ١٠.٤ انخفض
عدد أنواع النباتات انخفاضاً حاداً • ومن بين نباتات المحاصيل الحقلية
الحالية سنجد أن الشعير وبنجر السكر هما الأكثر حساسية لزيادة
حموضة التربة •

ان الأثر المتوقع لزيادة الحموضة الناتجة عن الغبار المتساقط فى
نهاية العصر الطباشيرى سيكون هو تغيير الفلورا ، وربما وقع ذلك على
مساحات شاسعة وفى مناطق كانت تربتها قبلا متعادلة أو قلوية وعليها

الفلورا المناسبة ، ويجوز جدا أن تتحول مثل هذه المناطق الى صحارى - فيغيب فيها تماما الغطاء الأخضر ، ليستمر ذلك حتى تستعيد التربة حالتها الأصلية ، أو حتى تستعمرها الأنواع المحبة للحموضة . والتغير الكبير المستمر فى تركيب الفلورا بمنطقة واسعة سيكون له بالطبع اثر خطير على الحيوانات التى تعتمد على هذه الفلورا فى حياتها .

لكن التبدل الكبير المستمر فى حموضة التربة لن يكون له اثر اقل وضوحا على ايكولوجيا العشيرة الحيوانية (الفونا) بالتربة وعلى ما بها من كائنات دقيقة ، لأن هذا التبدل سيؤثر أساسا من خلال تغيرات فى التفاعلات الكيماوية المحضة . فالكثير من الكائنات الدقيقة يمكنه أن يتحمل مدى واسعا من قيم ٠.١٠١ سينقرض البعض تماما وستتكاثر الأنواع التى يمكنها التحمل الى الحد الذى يسمح به الغذاء المتاح . سينخفض عدد الأنواع الى أن تغزو التربة أنواع أخرى مهاجرة مكيفة للعيش تحت هذه الظروف الجديدة . سيتزايد فقر التربة ايكولوجيا ، وهذا سيؤثر هو الآخر فى النباتات الكبيرة التى ترتبط بكائنات التربة ارتباطا حميما . ثمة مظهر يمكن به تشخيص التربة الحمضية هو وجود طبقة فوق سطح المراعى من الحشائش الميتة نصف المتحللة المتلبدة الشديدة الرطوبة . وترجع هذه الطبقة الى قصور البكتريا التى تحلل الحشائش الميتة طبيعيا ، فبالرغم من أن الحشائش نفسها تتحمل مدى واسعا من الحموضة ، إلا أنها لا تتزعزع إلا اذا أزيلت النموات القديمة لتسمح للأوراق الجديدة بالظهور والقيام بالتمثيل الضوئى .

وأنواع البكتريا المثبتة للنيتروجين تتحمل جيدا انخفاض قيمة ٠.١٠١ ، لكنها تتأثر بشدة بمركبات النيتروجين التى تصل التربة من المصادر الخارجية . وفى الحالة التى نناقشها الآن ، سيدخل التربة قدر كبير من النترات ، كما أن الأحماض نفسها ستضيف الى النيتروجين ، ولهذا السبب فإننا نتوقع أن تتدهور عشيرة الكائنات الدقيقة المثبتة للنيتروجين .

أن اسهام الانسان فى حموضة الغلاف الجوى حتى الآن اسهام متواضع ، لكن آثاره فى الحق خطيرة . ففي الدول الاسكندنافية - وأرضها أصلا تميل الى الحامضية - تسبب التلوث ببريطانيا وألمانيا الشرقية والغربية وبولنده ، فى زيادة انخفاض قيمة ١.٠١ ، فانخفضت بذلك انتاجية التربة للحد الذى دعا حكومتى السويد والنرويج الى المطالبة بالبحث عن طرق فعالة لضبط هذا التلوث الآتى عبر الحدود . ولقد تأثرت الفلورا الطبيعية كثيرا فى بعض مناطق كندا والولايات الشمالية الشرقية بأمريكا من الأحماض التى تتكون أصلا بولايات وسط غرب أمريكا . ولقد كان هذا أيضا موضوع احتجاجات حكومية على

المستوى القومى والمحلى • اننا نفترض تلوثا على مستوى اكبر بكثير مما خبرناه فى عصرنا الحالى ، وليس امامنا اذن الا أن نخمن نتائج •
فهل تحولت مناطق باكملها الى صحراء ؟ ان هذا محتمل •

لقد وجدت اكسيد النتروجين فى الستراتوسفير بعد اصطدام الكويكب ، ليس فقط لأنها نقلت عبر الطروبوبوز ، بل لأنها تكونت فى المناطق المرتفعة كما تكونت فى المناطق المنخفضة • منذ بضع سنين تخوف البعض من أن وجود اكسيدات النتروجين فى الستراتوسفير - وكان مصدرها المحتمل عندئذ هو الأساطيل المقترحة من الطائرات التجارية التى تتحرك أسرع من الصوت - قد يتسبب فى تآكل طبقة الأوزون • لقد اقترح أن هذه الأكسيدات ستدخل فى تفاعلات تتطلب اكسিজينا ذريا ، لتكون مركبات ثابتة ، « فيحبس » الأكسجين الذرى بذلك ويمنع من تكوين طبقة الأوزون • ثم اتضح فى النهاية أن مثل هذا الأثر - لو حدث - فسيكون صغيرا جدا ولا أهمية له ، طالما بقى عدد الطائرات فى الستراتوسفير قليلا • ولقد ظهر مؤخرا أن المقادير الصغيرة من اكسيد النتروجين تؤثر بالفعل فى كيمياء الستراتوسفير ، ولكنها لا تستنزف الأوزون بل تنشط تكوينه • على أية حال ، لقد ظل حجم الأسطول العالمى من الطائرات الأسرع من الصوت صغيرا •

ماذا حدث فى واقعة الكويكب التى نحن بصدها الآن ؟ ليس ثمة من طريق أمامنا كى نعرف • ان معرفتنا بكمياء الستراتوسفير تتحسن ، لكنها ما تزال بعيدة جدا عن حد الكمال ، فما زلنا نجهل الكثير من العوامل • من المحتمل أن تكون طبقة الأوزون قد استنزفت ، أو أنها قد استنزفت فى مناطق منها ، أو أنها قد استنزفت فى مناطق وعززت فى مناطق أخرى - تبعا لكميات اكسيدات النتروجين التى تكونت • لكن الأمر فى الحقيقة لا يهم كثيرا ، بل وسنرى حالا أنه يكاد يكون من المؤكد أن الاصطدام الهائل يمكنه أن يعطى أثرا كيمائيا آخر أخطر بكثير يتسبب فى استنزاف ضخم للأوزون • لكن هذا الاستنزاف - بفرض حدوثه - لن تكون له أهمية كبيرة • ان اختفاء طبقة الأوزون بالكامل لن يكون بالخطورة التى يفترضها بعض علماء البيئة • وأقل ما يمكن أن نقوله هو : لو أن كويكبا قطره عشرة كيلو مترات اصطدم بكل قوته بالأرض ، فإن فقد طبقة الأوزون لن يكون الا واحدة من أتفه النتائج !
يزيد من تعقيد هذه الصورة حقيقة أن أفراد كمية كبيرة من الطاقة فى الغلاف الجوى سيكسر الروابط التى تربط الذرات داخل الجزيئات سينتج عن هذا قدر كبير من الأكسجين الذرى ، يتحول بعضه الى أوزون ، وبذا فإن الواقعة نفسها ستضيف الى الأوزون بالغلاف الجوى ،

وسيصبح هذا الأوزون فى الطروبوسفير نوعا من التلوث : فالأوزون فى تركيزاته المنخفضة يثير الحيوانات التى تتنفس الهواء وهو سام جدا الا اذا كان تركيزه ضعيفا .

أما فى الماء المالح - وسترسب مركبات النتروجين فوق البحار كما تترسب فوق اليابسة - فان الانخفاض الحاد فى قيمة 101 سيبدل الكثير من التفاعلات الكيماوية . سيحدث فى حالتنا هذه تغير فجائى اعتبارا فى قيمة 101 تصبحه طاقة نعرف أنها قد رفعت حرارة الماء فى العالم كله . كل هذا سينتج أثارا معقدة يحتمل أن تكون مؤذية ، وان كان الأغلب أنها ستحدث فى مناطق محلية ، ذلك أن للبحر عمله الكبير فى الموازنة . ولكى يكون التغير فى الكيمياء أكثر عمومية يلزم أن ترسب المواد فى البحر بكميات ضخمة . من بين التفاعلات التى ستتحور محليا تلك التفاعلات التى تدخلها أيونات الكربونات والبيكربونات ، الشيء الذى سيؤثر فى الكائنات البحرية عموما ، ونخص منها بالذات الحيوانات ذات الأصداف الكلسية . ولقد قتل من هذه الكائنات بالطبع أعداد هائلة فى نهاية العصر الطباشيرى .

علينا أن نتذكر أيضا أن زيادة ثورات البراكين فى العالم ككل - لا سيما فى منطقة شمال الأطلنطى اذا ما اعتبرنا أن بزوغ آيسلنده كان نتيجة للواقعة - هذه الزيادة قد حققت فى الغلاف الجوى عناصر أخرى تكون الأحماض - من بينها بالذات عناصر كبريتية .

لكى نتفهم ما نخمنه عن الكيمياء مباشرة بعد اصطدام الكويكب ، فإنا نحتاج أن نعيد التأمل فى طبيعة الاصطدام نفسه . دعنا نفترض أن الجسم قد دخل رأسيا ، وأنه وصل سطح البحر بعد ١٠ ثوانى من ملاقاته الحافة الخارجية للغلاف الجوى على ارتفاع ١٦٠ كيلومترا . عندما وصل الجسم سطح البحر لابد وأنه كان يدفع أمامه بضعة أمتار من الهواء المتوهج المضغوط للغاية . هذه الطبقة ستحتوى تقريبا كل الهواء فى عمود عرضه عشرة كيلو مترات هو مسار الكويكب . وفى دخوله الى البحر ستنشق منطقة مشابهة من البلازما . المكثفة المتوهجة ، وذلك خلال الثانية أو ما أشبه التى سيستغرقها حتى يصل قاع البحر . وفى خلال هذا ستسخن مقدمة الكويكب وستضغط بنفس الشكل بينما تنتقل موجة الصدمة الى أعلى . وتكون المرحلة الأخيرة هى ملاقات الجسم لصخور قاع البحر ، عندئذ سيكون الجسم ما يزال يحتفظ بنحو نصف طاقته الأصلية ، وستكون سرعته قريبة من ٤٠ ضعفا لسرعة الصوت .

ستضاف الصخور الى شظيرة البلازما المكونة من الهواء والبحر . وأخيرا فإن قوة الصدمة ، على عمق كبير نسبيا - ١٩ كيلومترا على

الأقل - ستكون وقد تعادلت مع الضغط الرهيب للبلازما ، التى ستكون قد سخنت الى حرارة أعلى من حرارة الشمس . هنا لن يكون ثمة بقايا صلبة من الكويكب نفسه ، لكن سحابة البلازما الكثيفة التى حلت محله ستتمدد منفجرة الى أعلى ، تدفعها الضغوط الهائلة الناتجة عن شظيرة الهواء - البحر - الصخر الموجودة تحتها . وسيبدو وكأن الجسم قد ارتد .

لن يستغرق الوقت من الارتطام حتى الارتداد أكثر من بضع ثوان . فى خلال هذه البرهة سيكون ماء البحر وقاع البحر قد بدا بالكاد رحلتها الطويلة - البطيئة نسبيا - نحو الحواف القصية للحفرة التى قدر لها أن تتشكل - فبين الجانبيين ثمة ما يقرب من ٢٠٠ كيلو متر . أما ما يتحرك من البحر والصخر لتتشكل الحفرة فسيبلغ ٦٠ ضعفا حجم الكويكب نفسه . فإذا كان التحرك بسرعة الصوت ، فإن هذا يعنى أن نحو ٣٠٪ من طاقة الاصطدام سيبدل فى تشكيل الحفرة ، ليتحول الباقي الى حرارة البلازما وحركتها ، الا من قدر ضئيل يضيع فى مواجهة الانجراف اثناء المرور خلال الماء والصخر . أما الطاقة التى تفقد اثناء مرور الكويكب خلال الهواء وفى الظواهر المعنيطوهيدروديناميكية فيبدو أنها قد لا تصل لأكثر من بعض فى المائة .

العادة الا تسبب الأجسام ، التى تدخل غلاف الأرض الجوى من الفضاء لتصطدم بالسطح - أى ارتداد للمادة الى الفضاء . لو أن هذا قد حدث فى تاريخ الأرض ، فلا بد أن يكون قد حدث أيضا فى القمر حيث سرعة الافلات أقل وكمية الطاقة اللازمة لطرد المادة الى الفضاء أقل . ولو أن الاصطدام بالقمر قد تسبب فى طرد بعض مادته القمرية الى الفضاء ، فلا بد وأن قد وصل الأرض بعض منها . لكننا نعرف أنه ما من نيزك من أصل قمرى قد عثر عليه فوق الأرض . غير أن الأرض فريدة فى غطائها المائى ، ومن الجائز أن ارتداد كويكب ، من خمسة أميال من المحيط ، مضغوطا الى بلازما ، قد يقذف على الأقل ببعض من بقايا الجسم فى مدار حول الأرض .

دعنا نترك للمظة معالجة تلوث الغلاف الجوى لنتأمل مصير الكائنات البحرية ، ودعنا ننحى الآن جانبا المحيط المفتوح العميق الذى تتأثر فيه عشائر الكائنات الحية ، لنفكر فى المياه المضطرب على رفوف القارات حيث توجد العشائر الكثيفة . أيا كان ما حدث ، فإننا لا نتوقع أن يبقى الكثير من الكائنات الحية فى شمال الأطلنطى . ثم أن ما تبقى لابد وأن كان يحيا فى الطين أو فى قاع البحر . أما الكائنات التى لم تتبخر فى المياه العليا - والتى يلزم أن نعالج اسهاماتها فيما تلى من

أحداث من وجهة علاقتها بالغلاف الجوى - هذه الكائنات قد تواجدت
فى صورة جثث • ماذا حدث لهذه الجثث ؟

عندما تموت النباتات والحيوانات تقوم نباتات أخرى وحيوانات
بإستهلاكها فى تسلسل ينتهى - كما ابتداء - بالكائنات الحية الدقيقة •
بهذه الطريقة تتحلل التراكيب العضوية المعقدة الى مركبات غير عضوية
بسيطة ، تعود لتدخل فى دورة الغذاء • غير أن معظم هذه الحلقة
سيتحطم فى حالتنا هذه • فالكائنات الدقيقة المتبقية ستتكاثر بسرعة
فى وجود هذه الوفرة من الغذاء ، لتتزايد المواد الغذائية البسيطة •
لكننا نشك فى وجود نباتات تستخدمها أو حيوانات ترعى النباتات •

لن تنجرف الجثث - فى المياه العميقة - الى قاع البحر بهدوء ،
لتدفنها - فى وقار - عملية الترسيب البطيئة ، لكن هذا سيحدث فى
المياه الضحلة ، وستتحلل الجثث جميعا فيما عدا تلك التى حملت الى
البحر الذى أصبح الدانيمارك • والماء العميق ، كالغلاف الجوى ، مكون
من طبقات ، وثمة تدرج فى الحرارة كما هو الحال فى الهواء ، ويسمى
المستوى الثابت الحرارة باسم مستوى الميل الحرارى أو « الثيرموكلين » ،
وهذا المستوى يشكل حدا يصعب عبوره ، كما الطروبوبوز • والمادة
تعبئه فعلا ، وتعتمد كائنات البحار العميقة على المد الذى يصلها من
أعلى ويغذيها ، لكن العبور بطيء ، ولقد تحمل الكائنات الميتة بعيدا جدا
مع تيارات المحيط قبل أن تعبر الثيرموكلين • يمكننا الآن حساب حركة
مثل هذه الكائنات فى المحيط الحالى ، لأن حركة التيارات معروفة لنا
جيدا ، لكن شمال الأطلنطى أيام ما قبل التاريخ كان مختلفا فى الحجم
والشكل ، كما أن مياهه عقب واقعة الكويكب لم تكن لتسلك سلوكها فى
الأوقات العادية • لنذكر أن قدرا كبيرا من الماء قد أزيل من موقع
الاصطدام عند حدوثه ، ومن الطبيعى أن يحل محله شيء ، وليس من شيء
الا أمواه تصله من الجنوب ، فهذا هو الاتجاه الوحيد لوصول الماء الى
شمال الأطلنطى أيام هذه الواقعة منذ ٦٥ مليون سنة • ومن المحتمل أن
يتسبب اندفاع الماء فى خلق نوع من الدوران فيمزج محتويات شمال
الأطلنطى - من مركبات غذائية بسيطة ومن جثث - مزجا جيدا ، مما قد
يسهل عملية التحلل ، ليتحول الماء الى « حساء » غذائى غنى لا سيما
فى المناطق الساحلية وعند مصبات الأنهار •

لم يكن الحساء الغذائى ليترك طويلا دون استخدام • ستحلل
النباتات البسيطة - الطحالب على الأغلب - لتستهلكه ، سيحدث ازدهار
طحلبى هائل ، فى بعض المناطق على الأقل • وعندما تموت الطحالب ،
فانها ستتحلل هى الأخرى •

تستهلك عملية التحلل للأكسيجين الذائب فى الماء - فالكائنات التى تقوم بعملية التحلل تحتاج الاكسيجين للنفس ، والتحلل أساسا هو أكسيد الكربون - وبذا تموت مختنقة تلك الأحياء المائية التى تتطلب ماء غنيا بالأكسيجين ، تبدأ اذن عملية « اثناء فى الغذاء » ، وتستمر الى أن تصل حدها الأقصى عندما لا يعول الماء غير عدد قليل جدا من الكائنات بجانب البكتريا . تموت الأنواع اذن الواحد بعد الآخر ، لتسهم بقاياها فى اثناء الغذاء ، وفى حالتنا هذه ، سنجد أن عشائر المياه العليا ستقتل أولا ، لكن الماء الغنى بالغذاء سيمنع عودتها .

أمن الجائز أن يكون هذا ما حدث ؟ هل من الممكن أن يقود الموت الفجائى - للبلايين والبلايين من الكائنات الدقيقة والنباتات والأسماك ، والزواحف بالطبع - أن يقود الى الاثراء الشامل فى الغذاء بمياه الشواطىء ومصبات الأنهار حول شمال الأطلنطى ؟ نعم ، هذا ممكن .

ثمة أثر ثانوى يرتبط باثراء مياه البحر بالغذاء هناك من الكائنات البلاكتونية ما ينتج سموها قوية . ومن المعروف أن هذه الكائنات تدهر ما بين الحين والآخر فى المياه الغنية بالغذاء . وبذا فمن الجائز أن يكون اثناء البحار بالغذاء قد صاحبه تسميم الكائنات . وأثر هذه السموم قد يكون مباشرا ، فتقتل الأنواع الحساسة أو تضار عند تناولها للسم ، أو غير مباشر ، بأن تتركز السموم فى أنسجة الأنواع غير الحساسة حتى اذا ما أكلتها الأنواع الحساسة ماتت . فالكثير من الرخويات على سبيل المثال يمكنه تحمل السموم ، لكن بعض الأنواع التى تتغذى على الرخويات لا تتحمل السموم ، فتموت . والواقع أن مثل هذا سيجعل قدرا كبيرا من الماء ساما لمعظم الحيوانات الكبيرة ، وربما أيضا لبعض أنواع البلاكتون . أيجوز أيضا أن يكون هذا الماء قد مزج بماء من مواقع أخرى لينشر السم ؟ ثمة أثر نهائى يشمل كلا من البحر والهواء ، وهو - كما وعدناك - أكثرها مأساوية .

يلزم أن نرجع الى طاقة الاصطدام . اذا ما اصطدمت برصيف الميناء باخرة تحمل - مثلا - ٢٠٠ ألف طن من الركاز وتسير بسرعة عقدة واحدة ، تحررت طاقة قدرها ٢٠ مليون جول (الجول هو الوحدة القياسية للشغل ، واذا عبر عنه كهربائيا ، فهو الطاقة التى يبذلها واط واحد فى ثانية واحدة) . يمكنك أن ترى الاصطدام وتسمعه ، لكن ، لما كانت الشحنة غير قابلة للاشتعال فلن تشب النار ولن يكون ثمة دخان ولا انبعاث ضخم من الحرارة . والواقع أنه من الممكن أن تنتج نفس كمية الطاقة عن انفجار ٢٠ كيلو جرام من مادة ت.ن.ت ، لكن الانفجار هنا سيكون أكثر مأساوية لأن الطاقة ستحرر فى حجم أصغر بكثير .

ان قولنا ان الطاقة التي حصلت عن اصطدام كويكبنا تكافئ انفجار مائة مليون مليون طن من القنابل الهيدروجينية . هذا القول صحيح ، ولكنه مضلل . ستكون سرعة الاصطدام ٣٦٠٠٠ ضعف اصطدام الباخرة السابقة ، لكن معدل تحرر الطاقة سيكون اقل تركيزا بكثير من انفجار القنابل الهيدروجينية .

من الممكن ان نعبر عن شدة الطاقة في صورة عدد الجولات للكيلو جرام . ستكون القيمة بالنسبة لاصطدام السفينة هي ١٠ ، وبالنسبة لانفجار مادة ت^٠ن^٠ ت^٠ ١٧ مليونا ، و لاصطدام الكويكب ١٨٠ مليونا وللانفجار النووي ٢٠٠٠٠٠ بليون . ان الامر يبدو كما لو ان كل جسيم من الكويكب قد صنع من مادة قوة انفجارها عشرة اضعاف قوة مادة ت^٠ن^٠ ت^٠ ، وهي اقل مليون مرة من قوة الانفجار النووي .

تتمنا هذه الفروق . لان نوع التلف الذي ينجم عن الاصطدام يتوقف كثيرا على سرعة تحرر الطاقة وشدها . فالباخرة (ومثلها أيضا «البلدوزر») تحطم التراكيب الصلبة وبقوة ، لكنها لا تضير جزيئات الهواء والانفجار النووي فيه من القوة ما يكفي لصهر الذرات نفسها . اما كويكبنا - الاقوى عشر مرات من الـ «ت^٠ن^٠ ت^٠» - فسيكون له من القوة ما يكفي كي يختزل الجزيئات الى ذرات ، والذرات الى ايونات ذات شحنة كهربية ، لكنها لا تكفي لتحويل الذرات نفسها . ان قدرة الاصطدام على كسر الروابط الجزيئية امر هام لتفهمنا لطبيعة التلف الذي جرى ، اذ لو حدث ان كسرت روابط جزيئات المكونات الطبيعية للهواء والماء ، واعيد ترتيبها ، اذن لتكونت تركيبات جديدة سامة جدا .

نعرف ان الوجه البيني - المنضغط جدا - بين الكويكب والبحر لا يد وان قد ارتفعت حرارته الى درجة اعلى من درجة حرارة سطح الشمس . ونعرف أيضا ان كل الروابط الكيماوية تتكسر بالتعرض لمثل هذه الحرارة ، ويتحول كل شيء الى ذرات عارية ، وايونات مشحونة كهربيا ، والكثرونات حرة . اما ما لا نعرفه فهو كم من البحر قد تحول الى مثل هذه البلازما . ثم ماذا كان معدل مزج هذه البلازما بالهواء وكيف كان أسلوب المزج .

اذا تصورنا ان ١٠٪ من طاقة الاصطدام قد استخدمت في تحويل ماء البحر الى غاز متوهج حرارته ٣٠٠٠° م فان قدر الماء الذي سيتحول سيبلغ نحو ١٠٠ - ١٠٠٠ بليون طن . فاذا ما اختلط هذا الغاز مباشرة مع كتلة مساوية من الهواء فاننا نتوقع ان تكون ذرات الكلور من بين اول المنتجات ، لان ٢٪ من ماء البحر به ايونات الكلور . اما بقاء هذه الذرات حرة في شكل كلور ، او اتصاها بالصوديوم والأيديروجين

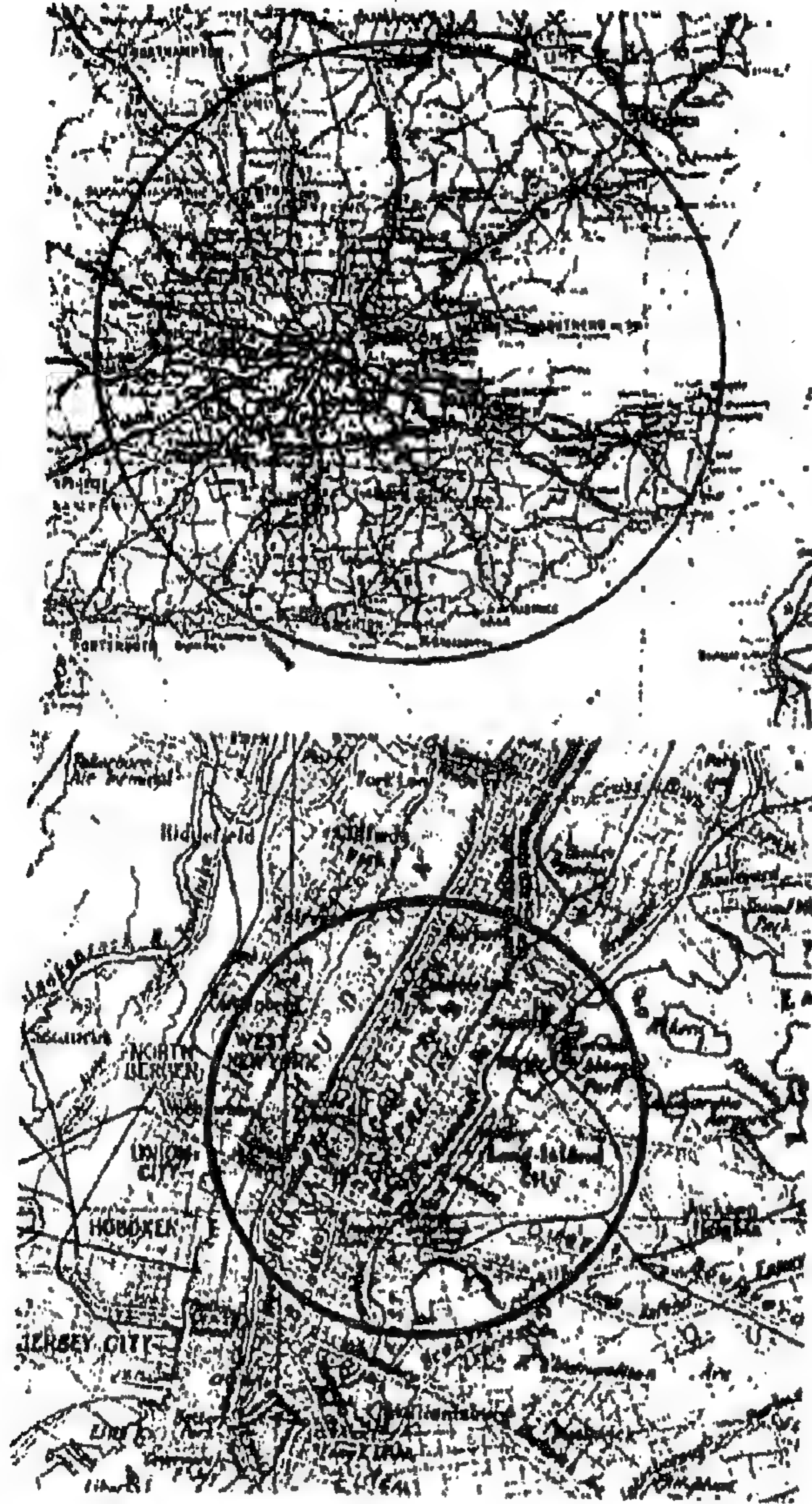
الموجودين بالسحابة المتوهجة ، فسيتوقف على نفس طريقة تبريد البلازما وسرعة اختلاطها بالهواء البارد أو ماء البحر البارد • ولو أن ١٪ من الكلور ظل حرا فى شكل غاز ، فإن كميته ستبلغ نحو ٢٠٠ مليون طن ، وهذا قدر يكفى ليحيل مساحة هائلة من المحيط الى حوض معقم خال من الطحالب • سيتأثر من المحيط مساحة ٤٠٠٠٠ كيلو متر مربع لعمق خمسة كيلو مترات ، أو ١٩٦ مليون كيلو متر مربع لعمق ١٠٠ متر •

من حسن الحظ أن الوجود الدائم للميثان بالهواء والماء سيضمن ألا يتحرك الكلور بعيدا خلال الهواء • يتفاعل الميثان مع الكلور بسرعة فى وجود ضوء الشمس ، وفى الهواء من الميثان ما يكفى للتفاعل مع ٣٠٠٠٠ مليون طن من الكلور • ربما قلل من سرعة التفاعل ذلك الاظلام الذى نتج عن الغبار ، نقصد الضوء المرشح فى الفتحة التالية مباشرة لواقعة الاصطدام ، غير أنه من المستبعد جدا أن يكون الكلور قد انتشر بعيدا عن نصف الكرة الأرضى الذى وقع به الاصطدام ليصل الى النصف الآخر من العالم •

تحدثنا الآن عن الكلور لنوضح كيف يمكن لهذه الكمية الهائلة من قشرة الأرض ومن البحر - التى اقلقها الاصطدام وسخنت لحد التوهج - أن تتسبب فى تلوث على مستوى رهيب • وليس الكلور الحر هو المنتج الوحيد الممكن ، فمن الجائز أن تتكون أيضا مركبات كلورية مثل حامض الأيدروكلوريك وحامض الهيبوكلوريك • اننا لا نعرف اذا كان هذا التسمم قد حدث ، ولكن سيكون من المثير أن نتتبع نتائج الباحثين الميدانيين لنعرف بآية شواهد قد تظهر •

عندما أراد كينيث هسو تفسير هذه الكارثة ، تأمل فى احتمال أن يكون كل هذا التسمم - على مستوى الكرة الأرضية بأكملها - راجعا الى اصطدام مذنب يحمل ثلجا غنيا بسيانيد الهيدروجين • من السهل أن نحسب أنه اذا كان سيانيد الأيدروجين يشكل ١٠٪ من رأس مذنب قطره عشرة كيلو مترات ، ثم لم تتأثر هذه المادة بالاصطدام ونجت بالكامل ، فإن تركيز السيانيد فى المائة متر السطحية من المحيط سيكون ١ فى ١٠٠٠٠٠ وربما كان هذا التركيز كافيا لاقلاق أو قتل الكثير من الأنواع الموجودة - وليس كلها •

لكننا نستبعد أن ينجو من حرارة الاصطدام الفظيعة والأكسدة التى أعقبته ، أكثر من نسبة مئوية محدودة من السيانيد • فهو - مثل الكلور - يتفاعل بسرعة ، ومن المستبعد جدا أن ينفذ بكميات مؤذية عبر حدود نصف الكرة الأرضية •



شكل (٦)

أعلى : خريطة لجنوب شرق إنجلترا تبين حجم الحفرة التي قد تحدث عن اصطدام كويكب بالحجم الذي نعتقد أنه تسبب في الانقراض العظيم .
 أسفل : خريطة لنيويورك تبين حجم الكويكب - يقترب من حجم جزيرة مانهاتن .

أما المادة السامة التي نعرف أنها توزعت على مستوى العالم عقب الاصطدام ، فهي مادة الأوسميوم وهذا العنصر النبيل عنصر بطبيعته خامل غير مؤذ ، لكنه إذا سخن في الهواء تأكسد وكون بخار رابع أكسيد الأوسميوم الشديد السمية . ولقد يغدو من سخريّة الأقدار أن يكون العنصر الذي هدى فريق الفارس الى فكرة الكويكب كسبب للانقراض هو نفسه الذي تسبب في هذا الانقراض .

أن المواد اللا أرضية غير صحية من نواحي متعددة . بغض النظر عن حملتها من الأوسميوم ، فهي بالمقارنة بقشرة الأرض غنية في الزرنيخ والرصاص والانتيمون والسلينيوم والكروم والباريوم . وكل هذه عناصر سامة ، ولا بد أنها قد انتشرت على طول الأرض وعرضها عند اصطدام الكويكب . من بين الالهانات البالغة التي واجهتها الحياة نتيجة للاصطدام، هناك اذن حقيقة أنها قد تجرعت كوكتيلا من السموم لابد وأن كانت ستباركه عائلة بوجيا العتيدة !

أن محاولات مصانعنا الحالية في تلويث البيئة - بل واية محاولة منا يمكن تخيلها - ستبدو جد تافهة مقارنة بهذا . لم تكن المعجزة في انقراض الأنواع ، وانما كانت في أن البعض منها قد نجا . وما أن انتهت الواقعة وانقضت ، حتى عادت الحياة تؤكد نفسها ، في حمية جديدة .

الفصل التاسع

مسرح الجريمة

منذ فترة ليست بالبعيدة أعلنت شركة لتصنيع السيارات - لن نذكر اسمها - مزايا إنتاجها الجديد فى الصحافة البريطانية وذلك بتشبيه العربات المنافسة بالدينوصورات . قالت فى نشرة الدعاية ان الدينوصورات حيوانات مزعجة ، ثقيلة ، ساذجة ، بطيئة ، ولا تستطيع ان تواجه منافسيها الأكثر تطورا . وهنا - لحسن الحظ - ظهرت احتجاجات سريعة وحادة قام بها البعض ممن يعلمون الكثير عن هذه الحيوانات القديمة . فسمح الاعلان . كان وصف هذه الحيوانات بالاعلان غير دقيق لدرجة اعتبر فيها عدوانيا من قبل من كرس سنين طويلة من حياته لدراسة هذه الأنواع المنقرضة ولتأمل طريقة حياتها ، مستخدما النتائج من المعلومات .

اما الشيء المهم فهو ان هذا الوصف وصف غير معقول ، ولا يمكن ان يكون معقولا . فالكائنات الحية لا تنجح فى العيش على كوكبنا ، او على غيره ، الا اذا كانت مهياة التهيئة الكافية للظروف التى تحيا بها . ان الحقيقة هى ان الزواحف الضخمة التى عمرت هذه الارض قبل العصر الطباشيرى واثنائه ، كانت حيوانات ناجحة تماما . لقد كانت متلائمة تماما مع العالم الذى عاشت فيه .

اما الحقيقة الأخرى ، فهى ان هذا الاعلان لم يفعل سوى ان ردد خرافة شائعة . ولقد حان الوقت كى نمحو هذه الخرافة ، لأننا اذا لم نفعل ذلك ، فسيظل البعض من الناس يعتقدون - برغم الأدلة المقنعة على حدوث الكارثة - ان الأنواع تنقرض لأنها « سيئة التصميم » .

طبيعى أنه من الهرطقة العلمية ان نستخدم كلمة « التصميم » عند الحديث عن الكائنات الحية ، لكننا ننزع أكثر مما نعتقد الى الوقوع فى شرك الأفكار الثقافية التى زرعت فىنا ونحن بعد أطفال . فمعظمنا على أية حال قد سمع عن هذه العماليق القديمة الهائلة عندما كان طفلا . أمن

المحتمل أن يظل البعض منا يربطها بالتحاليم الأخلاقية المشكوك فيها ،
التي عادة ما تحيط بحواديتنا عن المسوخ ؟ يبدو أن ثمة فريقا على الأقل
من وكالة للإعلانات قد فعل ذلك ، وإن كنا نأمل أن يكون هذا الفريق قد وجه
إلى جادة الصواب .

ربما كانت المشكلة قد بدأت منذ نحو قرن وربع . كان ثمة معلومات
عن زواحف ضخمة منقرضة ومعلومات وأفكار تتعلق بتطور الأنواع .
اختلفت هذه مع نظريات القرن التاسع عشر الاقتصادية ومع محاولات
تفهم طريقة عمل المجتمعات الصناعية . . . وحدث تضليل فكري متعمد عندما
حاول بعض المنظرين أن يطبقوا على الأمور الانسانية أفكارا علمية
مستعارة من ميادين جد مختلفة ، وذلك بغية تبرير النظم السياسية التي
يفضلونها . ليس من الغريب إذن أن تكون صور العلم التي وصلت عامة
الناس - لا سيما الأطفال - صورا مشوشة . انسابت بعض الروايات
من خلال الصحافة الشعبية ، وعولج البعض الآخر عن طريق مبسطى
العلوم ، ليتوصلوا إلى استنباطات أخلاقية حيث لا يجوز منطقيا ثمة
استنباطات . وبذا ارتبطت الآراء عن التطور وعن الأنواع المنقرضة في
معظم الأذهان - ولم يكن العلماء أنفسهم دائما محصنين - ارتبطت بفكرة
« الارتقاء » .

قد يبدو الأمر موهلا في القدم بعيدا عن عصرنا هذا المستنير ، لكن
لو حدث يوما وقعت في محل للكتب القديمة على كتب للأطفال تتحدث
عما قبل التاريخ وضعت منذ نصف قرن لا أكثر ، أو وقعت على كتب فوق
الأرفف بالكثير من المنازل كتبت بعد هذا ، فانك على الأغلب واجد نفس
وجهات النظر التي سادت القرن التاسع عشر وهي تففز ثلث المسافة إلى
القرن العشرين . إن اتجاهاتنا الجديدة ومعرفتنا الجديدة ، هي في الواقع
جديدة أيضا بالنسبة للكثيرين . فإذا خالجت الشك في هذا فما عليك إلا
أن تتذكر أنه بالرغم من أن فكرة التطور كتحول للأنواع كانت قد قبلت
على نهاية القرن التاسع عشر ، فإن الفكرة الدارونية بأن الانتخاب
الطبيعي هو القوة الرئيسية الدافعة لنشأة الأنواع ، هذه الفكرة قد شكلت
صعوبات هائلة ، حتى أنها لم تقبل تماما من قبل المجتمع العلمي إلى
أربعينات قرنا الحالي .

ربما كان علينا أن نعالج أولا قضية « المعيارية الانسانية » ، ذلك
المصطلح الذي يبعث بالرجفة الباردة في ظهور علماء الحيوان ، والذي
يثير صورة للعالم أكثر انتشارا ، وأصعب تجنباً ، مما يتوقع هؤلاء العلماء
. . . أننا بشر . ونحن نرى العالم كبشر . والمعلومات عن العالم تصلنا من

خلال حواسنا البشرية ، وتفسرها أذهاننا البشرية . ونحن نعرف أن الحيوانات الأخرى لها حواس مشابهة . لها أعين ترى ، وآذان تسمع ، واللسنة تتذوق ، وأنوف تشم ، وجلد يحس . بل ويبدو أن بعض ما يؤلمنا يؤلمها أيضا . اليس من الطبيعي أن نفترض أن ما يبهجنا يبهجها ؟ وأنها إذن تشعر بعواطف كعواطفنا ؟ الحق أن الحيوانات تبين كل ما ذكرناه ، وهي تحس « بالغضب » و « الخوف » . لماذا نضن عليها بمثل هذه العواطف المتعة ؟

في بحثنا عن التماثل هكذا مع الحيوانات اللابشرية ، فإننا نعتبرها بشرا برغم المظهر الخارجى المختلف ، أننا نفسر سلوكها فى ضوء خبرتنا نحن ، وبذا نضفى عليها بعضا من انسانيتنا . اذ يكاد يكون من المستحيل علينا - ونحن بشر - أن نتجنب المعيارية الانسانية دائما لا سيما عندما نتعامل مع حيواناتنا الاليفة . فلم نقابل جميعا القطعة التى « تفهم كل ما يقال » ؟ بل أن الكثير من كتب الأطفال تعلمهم بالفعل مثل هذه المواقف الانسانية لتطبع فى أذهانهم احترام الحيوان . لكن المحاولات الزائدة الحماس لمواجهة المواقف الانسانية تقود - بكل أسف - الى نظرة متطرفة الحيوان فتعتبره ماكينة لا أكثر ، لا يمكنها التمتع بالاحساسات الجميلة أو بالمعاناة . وهذا بدوره يغذى وجهة النظر المؤكدة للحساسية الزائدة للبشر . الى أن يصطدم الموقفان المتطرفان المتعارضان ، فيحمل كل فريق لافتاته ، مدعيا الرغبة فى السلم ، مخفيا من العلف قدر ما يعارضه .

ان النتيجة الحتمية للمعيارية الانسانية وما تؤثر به فى موقفنا من الزواحف الطباشيرية ، هى أننا لا نستطيع أن نتجنب مقارنة الأنواع الأخرى بنا نحن ، وهذا من شأنه - بالضرورة - أن يكون فى غير صالح اللابشر ، لأن افتقارها الى الصفات البشرية سيؤخذ ضدها كدليل على نقصها ، النقص الأخلاقى عادة . فابن عرس « غير أمين » ، والثعلب « مكر » ، والقط « قاس » . فإذا ما أضفنا الى هذه النظرة المضللة للعالم فكرة التطور كارتقاء قمته نحن ، فإننا سندضيف بعدا جديدا . أننا انكباء - تبعاً لتعريف « الذكاء » الذى ابتكرناه نحن لنصف به أنفسنا - والزواحف مقارنة بنا غيبة . وكل صفة فىنا هم خصصة ترتبط بالنجاح ، وفقدانها يعنى التخلف . وعلى هذا ، ولأن الدينوصورات قد انقرضت فلاند ، فإن كان بنقصها شيء من خصائصنا البشرية . لقد اندثرت لأنها لم تكن مثلنا . أننا النجاح الذى عليه نقيس فشل غيرنا . ونسألك أن تلحظ السهولة - التى يسمح بها استخدامنا لكلمة « النجاح » - فى استعمال كلمة « الفشل » . ان الدينوصورات بكل تأكيد لم « تفشل » . فالأنواع لا تفشل . ان الفكرة لا تجوز .

أما حقيقة أننا لا ننظر هكذا إلا للحيوانات - بالرغم من بعض المحاولات للتحدث إلى النباتات ثم معاملتها في غير هذا كأنها هي الأخرى بشر - هذه الحقيقة تفصح عن خطأ آخر أعمق . فنحن من الحيوانات ، وهكذا كان أجدادنا - سواء اعترفوا بذلك أم لم يعترفوا - ونحن نفترض أن الحيوانات بالتأكيد أكثر أهمية من النباتات ، كما أن النباتات أهم من الأعداد اللانهائية من الكائنات الدقيقة الميكروسكوبية التي قد لا نعترف حتى بوجودها . ويمكن أن نلخص موقفنا العام في الآتي : « أن البكتيريا كائنات قدرة قد تمرضك ، وعلى ذلك يلزم أن تقتلها حيثما أمكن ، ومعظم النباتات جذابة ، والكثير منها مفيد ولذا يلزم أن نتعهد بها بحرص ، والحيوانات شبيهة بنا ، وإن كان البعض منها قد يكون من أخطر أعدائنا » . ولقد سبق أن قلنا ، وسنقولها مرة أخرى ، أن هذه النظرة الطبيعية تماماً نظرة خاطئة ، والحق أنها خاطئة جملة وتفصيلاً . أن البكتيريا هي التي تقوم بالعمليات التي تحفظ كوكبنا بيئة صالحة لحياة الكائنات الحية . فلو أن المطهر الذي يقتل ٩٩٪ من الجراثيم المنزلية يقوم بهذا العمل فعلاً ، ولو أننا استعملناه بكثرة ، إذا لغدا وضعنا مؤسفاً حقاً .

دعنا نرجع الآن إلى ما حدث من تشويش قديم بالقرن التاسع عشر، فهم أن تشارلس داروين قد قال أن التنافس بين الأفراد والأنواع يضمن البقاء للأصلح . أما حقيقة أنه لم يقل هذا فعلاً فهو أمر لا يهمنا الآن . إنما يهمنا ما سمع عنه . فلقد فهم الذكور من الأوروبيين والأمريكيين بالقرن التاسع عشر ، فهموا أن «الصلاحية» هي كلمة تتمشى مع «الذكورة» و «الرجولة» و «النشاط» و «العفة» ، ومع مفاهيم أخرى مثل القوة البدنية والبسالة العسكرية . «فالبقاء» يشبه كثيراً «الانتصار في المعركة» أو «النجاح في العمل» . وبذا ولدت فكرة «الدارونية الاجتماعية» ، لتسبب الكثير من الأذى ، وعندما طبقت الفكرة الشائعة عن الدارونية على الطبيعة ككل ، لم يتشكك كل من قبل ارتباط الإنسان تطوئياً بالأنواع الأخرى ، لم يتشكك في أننا ذروة العملية ، أن الإنسان كان أكثر صلاحية من كل ما سبقه من أنواع . فنحن على أية حال ما نزال هنا ، بينما انقرضت هي . فالقضية لا تستحق حتى أن تسمع . أما من لم يقبل الارتباط فلم تكن أمامه ثمة مشكلة . أن الإنسان هو سيد هذه الأرض .

ولقد ساهم استخدام كلمة «التطور» في زيادة الاختلاط . وداروين نفسه لم يستخدم هذه الكلمة كثيراً ، وكان استخدمها لها بحذر شديد . هكذا أشار سيبين جيني جولد ، ومهمس هذه الكلمة كانت بالفعل شائعة

بانجلترا فى القرن التاسع عشر ، وكانت تستخدم فعلا كمرادف لكلمة « الارتقاء » . والطبعة الأخيرة من قاموس اكسفورد لم تذكر معنى « الظهور بالتالى الواجب » كتعريف للتطور الا بعد تعريفين آخرين . فالتطور اذن يعنى الارتقاء ، الحركة من موقع الى آخر ، مع احتمال وجود غرض ، حتى وان بقى الغرض مخبوءا . ولقد استعمل داروين الكلمة على مضض لأنها وان كانت تصف وجها من أوجه العملية ، الا أنها - من الناحية العامة - تعارض بصراحة فكرته عن الطريقة التى تمت بها العملية . أما الآن فان الكلمة تستعمل كثيرا ، ولكنها تبقى غير دقيقة علميا ، تماما كما كانت ، ويحسن أن نتذكر هذا دائما . ان أى فكرة عن الارتقاء خطوة خطوة فى تسلسل هى فكرة خاطئة - وعلينا هنا أن نستثنى المعنى الضيق للتقدم ، أو التنوع ان أردت .

أما بالنسبة لأجدادنا الفكتوريين فقد كان « الارتقاء » يعنى مفهوما يمكن للشخص الواسع الخبرة أن يحققه . فإذا ما قيل له ان الأنواع قد تطورت عن بدايات بسيطة وصلت الى الكائنات المعقدة ، فانه يستطيع أن يضيف هذه المعلومة الى ما يعرفه من أن لبنى البشر فوق الأرض سلطانا على حياة وموت الحيوانات الأخرى الكبيرة والنباتات ، وبذا يغدو من البدهى أننا ذروة العملية . اننا الصورة « السائدة » فى الحياة ، سادة كل ما نرى ، وفى مقدورنا أن نضفى القليل من الاحترام الظاهرى على هذه الفكرة بأن ندعى أننا الأرفع تطورا بين كل الكائنات . والحق أن « الأرفع تطورا » مصطلح لا معنى له على الإطلاق ، ولكنه يبدو فخيفا مهييا .

فإذا كنا الصورة السائدة اليوم ، فسيغدو من الحماسة أن ننكر على بعض الاشكال الأخرى أن تكون هى السائدة قبل أن نظهر نحن على وجه الأرض . ربما سادت قناديل البحر يوما ، وربما سادت الأسماك ، وربما ساد لفترة طويلة أسلافنا من الكائنات البسيطة وحيدة الخلية ، وفى مرحلة معينة ربما سادت الزواحف . ان من يسود هو من يهم فى ساحة الحياة ، فى المصنع الذى نسميه الحياة . أما من لا يسود فهو - بالتعريف - التابع الأقل أهمية . ثمة ثورة تحدث من آن لآخر ، فيفصل صاحب المصنع من رئاسته ، ويطرد من قصره ليقبض السلطة شخص آخر أقوى يصبح هو السيد الجديد . هذا هو ما يجب أن يكون ، لأن هذا هو الذى أدى فى نهاية الأمر الى ظهورنا نحن . اننا البرهان على صواب النظام .

أثرت فينا وبعثت صورة التطور الفكتورية هذه (برغم خطئها وتشوشها) حتى غدا من الصعب التخلص منها . ما زال الكثيرون منا

يعتقدون أن الثدييات هي « شكل الحياة السائد » على كوكبنا في الوقت الحالي ، وأن الانسان من بين الثدييات هو الأسمى . بل أن كبار العلماء - ممن يعرفون أكثر - قد يسمحون لأنفسهم باستخدام هذا التعبير الشائع وهم يتحدثون عن العصر الطباشيري ويسمونه عصر « حكم الدينوصورات » . انهم يعرفون ما يتحدثون عنه ، لكن مثل هذا الحديث غير الدقيق انما يثبت البلبلة في عقول العامة .

لم « تحكم » الدينوصورات ، ولم نحكم نحن . لم يحدث أبدا أن حكمت الدينوصورات أو حكم الانسان أو حكم أى نبات أو أى حيوان . يحكم الملوك والملكات رعاياهم من البشر ، لكن الحيسوانات والنباتات لا تحكم غيرها من الحيوانات والنباتات . لا وليس من الصحيح أننا كنا يوما شكل الحياة « السائد » ولم تكن كذلك أبدا الدينوصورات أو غيرها من الحيوانات الكبيرة أو النباتات . كل ما نستطيع أن نقوله عنها أنها كانت - مقارنة بغيرها من الأنواع ذات الحجم نفسه - أكثر تعدادا وأكثر نجاحا في التكاثر . والانسان في زماننا هذا يتكاثر بنجاح - وربما كان نجاحه أكثر من اللازم - ولقد استعمر معظم سطح الأرض - ليس كله على أية حال ، بل وربما ليس معظمه اذا تكلمنا عن المساحة . ونحن على أية حال لسنا أكثر الثدييات تعدادا . فالفئران أكثر منا ، والخفافيش كذلك ، ولن نذكرك بالأرانب . لكن من الصحيح بالطبع أننا ولصدد بعيد أكثر الثدييات الانسانية نجاحا ، فاذا ما أردنا أن نستخدم كلمة « حكم » بمعناها الصحيح فعلينا أن نجدول الكائنات على أساس قدر الفوضى الذي يحدث على سطح الأرض لو حدث وأزيلت . عندئذ ستكون الكائنات الدقيقة على رأس القائمة ، ومن بينها سائبات النوى ، تلك الكائنات الأصغر من أن ترى بالعين المجردة وتحتاج الميكروسكوبات الأقوى لرؤيتها . لكن القائمة للأسف - نقصد للأسف من وجهة غرورنا - ستضم النباتات الخضراء التي تستخدم الطاقة الشمسية لصناعة السكر ، والطحالب التي تلعب دورا هاما في المراحل الأولى لتحلل البقايا العضوية - أما الحيوانات - تلك التي تستهلك الغذاء الذي توفره الكائنات الدقيقة والنباتات - فلن يكون لها مكان بالقائمة . فهي ليست سوى عابري سبيل بالنسبة لهذا النظام ، ويستطيع النظام أن يعمل جيدا في غير وجودها .

أما ما حدث خلال التاريخ فهو أن الكائنات الدقيقة ، التي قد تكون (وقد لا تكون) قد ظهرت أولا في المياه الضحلة ، قد حورت من البيئة الأرضية بحيث جعلتها أكثر ملاءمة لحياتها . ثم أن بعضها - بطريقة ليس أمامنا إلا أن نضمنها - قد بدأ في التعاون فظهرت الكائنات عديدة الخلايا . ثم ثبت التعاون فتخصصت الخلايا داخل تجمعاتها التي غدت الكائنات

الأكبر ، لتبدأ هذه التجمعات أو الكائنات في الازدهار . وفي ازدهارها حورت البيئة من حولها أكثر وأكثر . ثم بدأت التغيرات تظهر بين الأفراد عن طريق طفرات عشوائية صغيرة جدا تحدث في جزيئات الحامض النووي البالغة التعقيد التي تعمل كقوالب لتجميع البروتينات ، والتي تورث الى النسل . عندئذ سنجد أن الأفراد الأكثر قدرة على التغذية والتناسل ستترك من النسل أكثر من غيرها . أن هذا هو ما يسمى في القاموس الفكتوري باسم « البقاء للأصلح » وربما كان من الأدق أن نسميه « البقاء للمتوسط » فالنظم البيولوجية تنحو نحو الثبات .

أما السبب في هذا فهو أمر واضح إذا حررنا أنفسنا من افكارنا عن الارتقاء ، ولم ننظر الى النوع بمعزل عن غيره ، وإنما كمضو بين عشائر تتألف من عديد من الأنواع . أن حقلنا في مزرعة قد يصلح كمثال قريب . هدف الشمس سيوفر الحرارة لإتمام التفاعلات الكيماوية اللازمة للكائنات الدقيقة كي تتغذى على المعادن التي تحصل عليها من فترات الصخر الناتج عن تكرر تجمد الماء وذوبانه . ثمة كائنات أخرى دقيقة ستغذى على الفضلات التي تتركها الكائنات الأولى ، بجانب كائنات أخرى ستفترسها . ثم أن البعض من هذه الكائنات ستتكاثر بأن تحيا سوريا داخل جدران نفس الخلايا ، والبعض سيضمن بين هذه الجدران كائنات تستطيع أن تستخدم ضوء الشمس في تصنيع السكريات من ثاني أكسيد الكربون والماء . تحور هذه من الغلاف الجوي ، وبذا تنظم - بشكل عريض - درجة حرارة بيئتها . ثمة كائنات أكبر (يعتقد بعض البيولوجيين أنها نشأت عن تعاون أبعد لكائنات صغيرة) تستطيع أن تتغذى وتتكاثر ، لتصور من البيئة أكثر وأكثر ، وهذه توفر أساسا فضلات يمكن أن تتغذى عليها مجموعة من الكائنات ، توفر بدورها الغذاء لمجاميع غيرها . فلو لا الكائنات الدقيقة لما توفرت المواد الغذائية للنباتات الكبيرة . لن تنمو الحشائش . ولولا النباتات لما وجدت العواشب . ولولا العواشب لما وجدت اللواحم . كل مجموعة تستغل مجاميع أخرى ، وتستغلها غيرها . وعندما يأتي الفلاح ليحرث حقله ويبدد بذوره ، فإنه لا يتصرف الا كما تصرف غيره من الكائنات .

أن النقطة التي يجب أن نتذكرها - النقطة الهامة والمراوغة - هي أن نجاح مجموعة ما لا يعنى ، ولا يمكن أن يعنى ، فشل المجاميع التي تستغلها . ففي داخل أى نظام مستقر بطبيعته ، سنجد أن الزيادة في موقع لا يمكن أن تثبت الا بزيادات موازية في أماكن أخرى . لا وليس التطور هو تغيير نوع من الكائنات الى آخر أفضل بعض الشيء ، وإنما هو تلك

التغيرات البنيوية نسبيا والتحويلات داخل الهيكل الكلى التى بها تتمكن المادة الحية من أن تنظم نفسها ، مرة هكذا ، ومرة بطريقة أخرى - بينما يظل النموذج مستمرا . قد يزداد تعقيد الكائنات المفردة - نقصد تنظيمات المادة الحية - ولكن هذا لا يعنى بالضرورة اختفاء الكائنات الأيسر . فالكائنات الدقيقة - التى يعتقد أن الأنواع الأخرى قد نشأت عنها - لم تستأصل ، ولا يمكن أن تستأصل . فهى لا تزال موجودة . وهى فى غاية الأهمية . ولما كانت الأنواع تعتمد تماما على بعضها البعض، لتخلق سويا الظروف التى بها تحيا جميعا ، فإن للنظام الذى تشكله آليات قوية ذاتية الإصلاح - تغذية استرجاعية سالبة - النظام اذن مستقر يقاوم أى نزوع للتغير ما دام لم يتعد قدرة النظام فيحمله أكثر مما يطيق .

لا تبرز الأنواع الجديدة ولا تتوطد الا حيث توجد الموارد التى يمكنها استغلالها . وهذه الموارد لا تتوفر فى معظم الأنظمة معظم الوقت . فكل شئ له من يستعمله ، وكل مكان به من يشغله ، ليكون الاخفاق مصير كل جديد .

نتوقع اذن أن تتم التغيرات التطورية الرئيسية - على الأرجح - بسبب اضطراب النظم الثابتة ، وأن ينتج هذا الاضطراب عن أسباب من خارج النظم نفسها . ربما كانت هناك استثناءات ، لأن النظم الثابتة نفسها قد تنهار ، لكننا عندما نبحث عن سبب التغير الكبير فإن علينا أن نبدأ فى البحث خارج النظام لا داخله .

والحق أن الكثير من محاولات تفسير التغير فى النظم الحيوية قد ظل حتى عهد قريب يركز على آراء عن تغيرات داخل النظم ، حتى أن واحدا من كبار الأساتذة قد وضع - فى ستينات هذا القرن - كتابا عما قبل التاريخ استخدم فيه مثل هذا التفسير - الذى كان سائدا فى القرن الماضى - فى تحليل اختفاء الدينوصورات .

كانت نظريته تقول انه مثلما تكون للأفراد دورات للحياة ، كذا تكون أيضا للأنواع ومجاميع الأنواع . فهى تنشا ، وتتكاثر ، وتزدهر ، لكنها تتدهور أخيرا لتختفى نتيجة لما يشبه الشيخوخة . ولما كان الانتخاب الطبيعي يتخلص من الأفراد والسلالات الأضعف ، فإن أثره خلال الفترات الطويلة من الثبات هو تناقص حجم المستودع الجينى، فتزداد بذلك التربية الداخلية التى تضعف العشيرة ككل . من بين الصفات التى يرثها كل جيل عن آبائه هناك ثمة صفات للتأقلم تساعد الفرد فى حياته اليومية ، لكن هناك أيضا البعض مما قد يصبح معوقا . وتقول النظرية انه بعد عدد كبير من الأجيال تتراكم مثل هذه الصفات « الرديئة » لتقود فى نهاية الأمر الى

اضعاف القدرة على التكاثر ، فتنجب الأفراد التي تحملها - وهذا يعنى كل افراد النوع - عددا اقل من النسل فى كل جيل ، حتى يتلاشى النوع تماما . لقد أصابه الهرم وتدهور . وتضم « البراهين » بالنسبة للدينوصورات ما يزعم عن حجمها الضخم وحركتها البطيئة وعدم قدرتها على التأقلم مع الظروف المتغيرة .

ثمة فكرة مشابهة تكمل هذه كانت أيضا شائعة أيام أجدادنا . تقول هذه الفكرة ان بعض الخصائص يمكن أن تتطور بطريقة لا يمكن السيطرة عليها بحيث تتضخم أكثر وأكثر فى كل جيل جديد . فالدينوصورات تصبح أكبر وأكبر ، أبطل وأبطل ، أغبى وأغبى ، حتى نصل - كما كان يحكى لنا ونحن أطفال - الى البرونتصور مثلا الذى كان من الغباء وبطء الحركة حتى ليتطلب الأمر منه نصف ساعة كي يستجيب لسقوط حجر على طرف ذيله . أما من يصدقون هذه النظرية - وكانوا كثيرين جدا حتى زمن قريب - فهم يعتقدون أن أيل الالك - وهو أكبر أعضاء عائلة الغزلان - قد انقرض لأن قرونة أخذت تكبر جيلا وراء جيل الى أن أصبحت تشتبك مع النباتات فلا يستطيع أن يخلص نفسه لياكل ، وربما ازداد وزن هذه القرون حتى لم تستطع الحيوانات أن ترفع رأسها . وتدعى هذه النظرية أن النمر المسيف الأسنان أخذت أسنانه تكبر حتى وصلت الى حجم لم يستطع بعده الحيوان المسكين أن يخلق فمه ، ففقد القدرة على المضغ .

ان مثل هذه الأمثلة توضح سخف النظرية - والنظرية السابقة لم تكن أقل سخفا - ولكنها بالرغم من ذلك استمرت بشكل محصور . انه لمن المستحيل أن تقود أية عملية تطورية الى أفراد أقل تأقلا ، فمثل هذه لن تعيش حتى تنجب . وبذا فهي تتلاشى فورا .

ما يزال الكثيرون يعتقدون انه من الممكن أن تتطور الأنواع الى أشكال أكثر وأكثر تخصصا تقودها فى طريق مقفل حيث لا فكاك اذا غدا من الصعب الحفاظ على طريقة الحياة التى تكيفت عليها . ويوصف النمر أحيانا بأنه حيوان متخصص ، ذلك لأنه كلاحم كبير يحتاج الى أرض واسعة فلا يستطيع البقاء اذا نقصت المساحة التى يعيش عليها . وكل هذا يعنى بالطبع أن النمر لا يستطيع أن يحيا دون غذاء ، وهكذا نحن أيضا ! غير أننا نعتبر أنفسنا من الأنواع الأقل تخصصا ، ولذلك فنحن من بين أقوى الكائنات . ان قائمة الأنواع العالية التخصص من الكائنات الدقيقة والنباتات والحيوانات قائمة طويلة جدا . والكثير من هذه الكائنات يحيا بهذه الأرض منذ مئات الملايين من السنين ، وتخصصها - كما هو واضح - لم يسبب لها أى اذى ، فأسنانها لم تكبر لا ولا كبرت قرونها ولا

أى من زوائدها فسيبت تعويقا لها . وبرغم سلسلة أنسابها فإنها لا تبين أية دلالة على الهرم ، على أننا نستطيع أن نفهم كيف كتب صانعو السيارات إعلانهم الذى أشرنا إليه فى أول هذا الفصل .

إننا ندعى إذن أن زواحف العصر الطباشيرى كانت « ملائمة » تماما ، بالمعنى التطورى ، وليس ثمة سبب يدعونا للفرض بأنها كانت تتدهور .
والآن ، ماذا نعنى بكلمة « ملائمة » ؟

بعد أن خلصنا أنفسنا من أية فكرة نعتبر بها التطور ارتقاء ، علينا أن نسأل أنفسنا عما يحدد النجاح التطورى . الواضح أن النوع الكثير العدد هو نوع ناجح . لكن ، ماذا « ينجح » بالتحديد ؟ فكل الكائنات على أية حال - لابد أن تموت - إذا نحينا جانبا الكائنات الدقيقة التى تتكاثر بالتضاعف الخلوى (الميتوزى) ، والتى يمكن اعتبارها خالدة . يصعب أن نعتبر الموت صفة تتعلق بالنجاح .

كان أول مفتاح لفهم العملية جملة ذكية قالها صمويل بطلر (١٨٣٥ - ١٩٠٢) : « ليست الدجاجة سوى وسيلة البيض لاصناعة بيضة أخرى » . فالبيضة تنقل البيانات المشفرة من جيل الى جيل ، البيانات التى توجه تكوين الدجاجة أولا ، ثم البيضة الجديدة . هل بقاء هذه التعليمات إذن هو ما يهم ؟ ثمة حامض يسمى د ن ا - هو الحامض الذى يتضاعف وينتقل من جيل الى جيل وتنشأ عنه قوالب لتجميع الأحماض الأمينية . ان فكرة أن يكون هذا الحامض هو مادة التاريخ البيولوجى وأنه من الممكن أن نعتبر التطور تنمية لمجموعة من « آلات البقاء » تضمن خلود تشكلات معينة من الـ د ن ا ، هذه الفكرة عرضها باقناع ريتشارد دوكنز ، ولخص وجهة نظره فى كتاب له سهل القراءة (الجين الانانى ، ١٩٧٦) . ويعزز من معقولية فكرته كثيرا ، حقيقة ان الخلايا تحوى من الـ د ن ا أكثر مما يلزم لتركيب خلايا أخرى مشابهة ، والوظيفة الوحيدة على ما يبدو هى أن يضاعف نفسه لينتقل عبر الأجيال . وعلى هذا فعندما نتأمل الكائنات الحية علينا أن نتفهم « ملائمتها » فى ضوء نجاحها فى ضمان بقاء الـ د ن ا الذى تحمله معها . هى قد تنقل هذا الـ د ن ا الى مواطن جديدة فتشره بالأرض على نطاق أوسع ، وهى قد تسلمه لنسلها بكفاءة تفوق كفاءة أسلافها .

أمام النوع تدبيران : أحدهما أن ينتج الكثير من النسل . سيموت منه الكثير ، لكن ، لو حدث وتحسنت فجأة الظروف البيئية فسيكون ثمة أعداد كبيرة من الأفراد لاغتنام الفرصة . وهذه الاستراتيجية تميز الأنواع

التي تتعرض بيئتها لتغير سريع غير متوقع ، أما البديل الآخر فهو أن ينتج الفرد عددا محدودا من النسل يتلاءم مع قدرة حمل البيئة - التي تكون هنا ثابتة تقريبا . وهذه هي الاستراتيجية التي نلاحظها بين الرئيسات مثلا ، وكثير غيرها من الحيوانات ، ونجدها عموما شائعة عند خطوط العرض الدنيا والظروف المستقرة ، بعكس بديلتها التي نجدها في البيئات ذات الفصول الواضحة عند خطوط العرض العليا . ولكن لهذه القاعدة الكثير من الاستثناءات .

دعنا نفحص ملامحة الزواحف ولنبتدىء أولا بكفاءتها التناسلية . ان تشعب خطوط الأفراد الى ما نعرفه كأنواع مختلفة يتطلب امكان مزج الجينات عن طريق تزاوج الأفراد . لكل فرد طاقم من الجينات يختلف في تفاصيله عما لغيره من الأفراد . وسنجد أن جينات بعض الأفراد فيها من التشابه ما يكفي كي يسمح لها بالتزاوج سويا لينتج عنها افراد خصبة قادرة على التكاث . ولما كان التزاوج يعنى اقتران المادة الوراثية - جديلة من كل أب - ليتكون اللولب المزدوج الكامل ، فمن الضروري أن تكون الجديلتان « متناغمتين » كيميائيا . ولكي يصبح هذا ممكنا يلزم أن يكون الاختلاف بين الجديلتين داخل حدود محدودة . فمن الممكن للانسان مثلا أن يتزاوج بنجاح مع انسان آخر (من الجنس الآخر) لكن تزاوج انسان مع غير انسان سيفشل ، بسبب الاختلافات الجوهرية في ترتيب وحدات مادتهما الوراثية . ومثل هذه المجاميع المنفصلة من الكائنات الحية ، التي ينجح داخلها التزاوج ، هي ما نسميه « الأنواع » . ولقد نشأ التكاث عن طريق تزاوج الأفراد - أول الأمر - بالكائنات الحية الدقيقة .

بدأت الأنواع فيما بعد تضع البيض ، أما الخط الذي قاد الى البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات (قادها في الزمن وليس بمعنى الارتقاء نحو هدف معين) فهو يضم الأسماك . تضع الأسماك بيضها لتخصبه الذكور خارج الجسم ، في الماء . يفقس البيض وتخرج منه اليرقات ، لتبدأ في اعادة نفسها مباشرة عقب الفقس . يتعرض البيض لأنواع أخرى تأكله - وان يكن بيض بعض الأسماك محصنا - وتضيع معظم اليرقات في أفواه المفترسات . وعلى هذا ، فلكي تضمن الأسماك بقاء القدر المطلوب من الـ د ن ا فان كل سمكة ستضع عددا هائلا من البيض - عادة يقدر بمئات الألوف . هذه الطريقة اذن تبديد الموارد لاسيما من الـ د ن ا ، لكنها تعمل جيدا مع الأسماك . فبيئتها عرضة للتغيرات المفاجئة في قدر الغذاء المتاح وفيما تتعرض له من المفترسات .

تتكاثر البرمائيات بنفس الطريقة تقريبا ، وان كان بعضها قد يبقى بيضه أو حتى يرقاته داخل جسم أحد الأبوين أو فوقه مما يزيد فرصة البقاء . لكن بيض البرمائيات - مثل بيض الأسماك - لابد أن يوضع في الماء ، كما أن اليرقات التي تفقس عنه تحيا بالسباحة حرة في الماء .

فإذا ما وصلنا الى الزواحف وجدنا فرصة بقاء الصغار وقد ازدادت . فالزواحف تضع بيضا له أمنيون ، وهذا كيس ممتلئ بسائل ينمو داخله الجنين . وعلى هذا تتم كل مرحلة نمو اليرقة داخل البيضة بدلا من السباحة وبدلا من أن تكون فريسة للكثير من اللاحمات التي تسكن الأنهار والبرك والبحار . ثم تفقس البيضة ليخرج منها حيوان يشبه أبويه كثيرا .

وقد تمضى مرحلة هذا النمو في بعض أنواع الزواحف الى مدى أبعد . ثمة زواحف - كالسحلية الانجليزية الشائعة - تسمى الولود البيوض تحتفظ الأنثى فيها بالبيض داخل جسمها - منفصلة عنه - حتى يفقس ، نعى أن الأم لا تغذيه وانما توفر له الحماية بجانب البيئة المثلى للحضانة (ثمة إيس في المصطلحات هنا : فالأنواع الولود البيوض تنتج صغارا حية عندما تترك جسم الأم ، وعلى هذا فكثيرا ما تسمى بالحيوانات الولود ، وهذا خطأ) . ومثل هذه الحيوانات تنجب عددا من الصغار أقل بكثير ، ولكنها عادة ما تعيش في بيئات مستقرة ، أو بيئات يمكن فيها التنبؤ بالتقلبات .

أما الثدييات فتصبح البيضة جزءا متما لجسم الأنثى . إذ يصل الغذاء الجنين لا عن طريق مخزن - الصغار - وانما مباشرة من جسم الأم . كما أن فضلاته تزال عن طريق الجهاز الإخراجي للأم . فالأم تحمي جنينها تماما من الأخطار الفيزيائية ، كما تحميه غذائيا . وبذا تكون فرصته في الحياة خلال فترة الحمل أعلى من مثيلتها في أجنة الزواحف والبرمائيات والأسماك . لكن بالرغم من أن جنين الثدييات لا يمر بمرحلة اليرقة الا أنه يولد عاجزا تقريبا ، فهو لا يستطيع الحياة مستقلا عن أمه ، وهو في بعض الأنواع - ومنها الانسان - يحتاج الى رعاية كلا الأبوين . لكن النظام الثديى - مقارنة بالزواحف - يسمح بالفعل بنسبة بقاء أعلى للصغار - أو لدن المستثمر ، أن شئت .

ان استعمار النباتات للأرض الجافة يوفر مصدرا للغذاء يمكن للحيوانات استغلاله ، لكن يلزم أن تتمكن الحيوانات أن تتنفس اكسيجين الجو مباشرة ، لا أن تحصل على الذائب منه في الماء ، كما يلزمها أن تحتجز الماء جيدا بأجسامها كي تحفظ البيئة السائلة التي فيها تتحرك المواد داخل أجسامها وبها تتم معظم التفاعلات الكيماوية الحيوية . تستطيع بعض الأسماك أن تحصل على الأكسيجين من الهواء اذا كانت لها مثانات

المعوم • وتمتلك البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات رئات ، وان كانت البرمائيات تحصل على معظم أكسجينها من خلال الجلد • والحشرات - وكانت أول الحيوانات التي تحولت الى الأرض الجافة - تتنفس بآلية تتضمن الانتشار ، والانتشار عملية كفاءتها عالية في المسافات القصيرة لكنها لا تكفى أى حيوان أكبر من الحشرة • وبالرغم من أن البرمائيات البالغة تحصل على الأكسجين أيضا عن طريق الانتشار إلا أنها تعزز هذه العملية بالتنفس بالرئات • ويظل الجفاف خطرا تواجهه الأسماك ان هي تركت الماء ، وتواجهه أيضا البرمائيات لأن جلدها ليس محصنا بحيث لا ينفذ الماء تماما • لكن جلد الزواحف لا ينفذ الماء اطلاقا ، ولقد مكنها هذا بجانب بيضها الأمنيوني من التحرك بعيدا عن الماء •

انتشرت الزواحف لتستعمر معظم سطح العالم • ولقد وجدت أحافيرها في كل القارات فيما عدا قارة القطب الجنوبي ، وفيها توجد الأحافير على الأرجح تحت الغلاف الثلجي • ومن المعتقد أن كل الأرض الجافة على كوكبنا كانت تشكل قارة واحدة ، هي بانجايا ، كانت قد انقسمت على العصر الطباشيري لتشكّل جوندوانالاند في الجنوب ولوراسيا في الشمال • ثم انشطرت جوندوانالاند لتفقد الهند أولا ثم كتلة الأرض المشتركة لاستراليا وقارة القطب الجنوبي ، وتتكسر فيما بعد الى ما هو الآن أفريقيا ومدغشقر وجنوب أمريكا • انشطرت لوراسيا عندما انفتح شمال الأطلنطي عبرها ، لكنها لم تنقسم الى الكتل الحالية حتى وقت متأخر كثيرا • ظهرت الزواحف أول الأمر خلال العصر البينسلفاني من الحقب الباليوزي ، منذ نحو ٣٠٠ مليون سنة • وعندما انقسمت بانجايا الى قسمين كانت الزواحف قد ثبتت أقدامها على الأرض وابتدأت في التطور الى أشكال جديدة •

أدى هذا التطور الى نشوء الأركوصورات - وهذه الكلمة تعني « الزواحف الحاكمة » لتعكس أصلها الفيكتوري - ثم الى الدينوصورات الحقيقية • ولقد ظهرت الثعابين والسحالي فيما بعد - وهي نمطية للزواحف الحالية - السحالي في الترياس والثعابين في الطباشيري • أما الأركوصورات التي بقيت حتى عصرنا هذا فهي التماسيح •

تسبب في تعقيد تطور الدينوصورات حقيقة أن الكثير منها استمر يتطور بالتوازي بعد أن انشعب من الأرومة الأصلية ، الشيء الذي نتج عنه الكثير من أوجه التشابه بين مجاميع بعيدة القربى • كانت المجموعة الأولى من الدينوصورات البدائية هي الثيكودونتات ، فهي السلف لكل المجاميع التي تلتها • ولقد عبرت الانقراض الذي حدث في نهاية العصر البرمي ، منذ نحو ٢٢٥ مليون سنة •

كانت الثديكودوننتات وكل الأركوصورات من اللواحم • كانت تتغذى على البرمائيات والزواحف الأقدم • كان فى مقدورها اصطياد الحيوانات الأخرى لأنها كانت تسير أسرع من فرائسها • وهى من سلالة أفراد كان حوضها يختلف عن شكل حوض البرمائيات والزواحف الأقدم بأحدى طريقتين : أما أن تحول الأطراف الى موضع تحت الجسم مباشرة (فى البرمائيات والتماسيح يركب عظم الذراع وعظم الفخذ أفقيا ، وتكون الأطراف السفلى هى الرأسية) ، أو أن يسمح بوجود قدمين •

كانت معظم الأركوصورات من ذوات القدمين ، وإن كان بعضها هكذا جزئيا فقط ، كما أن بعضها كان أصلا ذا قدمين ثم تخلص عن ذلك • ومثل هذه قد خانت الطريق الذى غدت به حيوانات من ذوات الأربع بأن حملت رجلين خلفيتين أطول وأقوى من الأماميتين ، كما حملت أذينا لا قوية كانت تساعد فى توازن الأشكال ذات القدمين •

كان للأركوصورات الأولى أسنان توحى بغذاء نباتي ، كما أن البعض الآخر فقد أسنانه تماما واستبدلها بمنقار قرني صلب • ولقد تميزت الأركوصورات عن غيرها من مجاميع الزواحف بخصائص فسيولوجية أخرى تتعلق بالجمجمة وكذا بالأطراف •

بزغت الدينوصورات من بين الأركوصورات • اننا نميل الى تجميع كل الدينوصورات سويا ، لكنها فى الحق تشكل بضع مجاميع مميزة • صحيح أن البعض استمر لاحما ، إلا أن معظمها قد تحول الى عاشب يمشى على أربع - لا على اثنين - عندما تميز كدينوصور • وعن الأركوصورات نشأت الصوريشيا والأورنيثيشيا والتماسيح والصورات المجنحة والطيور • وهذه المجاميع مختلفة تماما • وبالرغم من أن الطيور ليست من الزواحف إلا أنها قد أدرجت لأنها تشعبت مبكرا عن أرومة الزواحف ، ولأنها عاشت فى الفترة التى كانت فيها الزواحف أكثر فقاريات اليابسة عددا ، كما أنها احتفظت بالكثير من خصائص الزواحف • والشئ الغريب أنها لا ترتبط كثيرا بالصورات المجنحة التى تطورت عن طريق مختلف • أما رتبنا الدينوصورات الحقيقية فهما الصوريشيا والأورنيثيشيا •

تختلف المجاميع فى تركيب الحوض ، لكنها تختلف أيضا فى غير هذا من الصفات • ابتدأت الصوريشيات ، كلواحم تطور الكثير منها الى عواشب تمشى على أربع • لكن كل الدينوصورات اللاحمة تنتمى الى هذه المجموعة • أما الأورنيثيشيات فقد كانت عاشبة من البداية وبقيت هكذا ، لكن البعض منها - تماما كالصوريشيات - قد تطور الى حيوانات ضخمة

ذات قدمين ، على الأقل جزئيا . ولقد تطور البعض من هذه الأشكال ذات الرجلين الى الهادروصورات ، ومن المعتقد ان هذه الدينوصورات العجيبة ذات المنقار كانت ترمى فى قطعان كبيرة فى النهايات الأخيرة للعصر الطباشيرى .

كان ثمة داخل هاتين المجموعتين الرئيسيتين مجاميع أصغر ، فى داخلها أعداد ضخمة من الأجناس والأنواع ، كان لها كل الاشكال والأحجام ، ولم تكن جميعا ضخمة . فبعض الدينوصورات لم يزد حجمه عن حجم الأوزة . واكتسب البعض منها صفائح عظمية - ربما للدفاع - أو اكتسب أهدابا عظمية ضخمة تشكلت فى بعض الأنواع عن سحب جزء من الجمجمة لتوفير المكان لعضلات الفك . كانت الدينوصورات بالتأكيد متباينة ، وكان انتشارها واسعا . ويمكننا أن نقول انها قد استغلت كل الموارد التى أتت لها . كما أنها بكل تأكيد لم تكن قديمة فى نهاية العصر الطباشيرى ، أو كما قال س. رومر : « اذا استثنينا الباليوبودات والاستيجوصورات البدائية ، فان كل الأنماط الرئيسية للدينوصورات كانت ما تزال موجودة فى المراحل النهائية للحقب الميزوزوى (العصر الطباشيرى) لكنها اختلفت جميعا على بداية الحقب السينوزوى (الحقب الثالث) » .

فנית الدينوصورات نتيجة لكارثة ما . لو ان الكارثة لم تحدث ، فهل كانت ستقرض فى ذلك الوقت على أية حال ؟ اننا نعرف بوضوح - لأننا من الثدييات - المميزات التى يضيفها علينا ملامح أساسيان من ملامحنا : ثبات حرارة الجسم ، وولادة الأحياء . كانت الثدييات - وهى سليفة زواحف شبه ثديية - موجودة خلال الفترة الأخيرة من العصر الطباشيرى . والنظم الثابتة يمكن أن تخلق اذا ما غزتها أنواع جديدة تثبت نفسها . ولقد حدثت التغيرات الايكولوجية فى زماننا نحن بسبب دخول أنواع خارجية فى نظم ايكولوجية كانت ثابتة - فالأرانب والعنز البرى والقطط البرية قد سببت مثل هذه التغيرات فى الكثير من أجزاء العالم .

طبيعى أن تكون الأنواع الجديدة - فى مثل هذه الأحوال - غريبة بالنسبة للنظام الذى تغزوه . فلو أنها تطورت داخل النظام لشكلت جزءا من شبكة العلاقات التى تضم المفترسات والطفيليات ، ولأوقف تزايد أعدادها عند حد محدود - فالنظام الثابت لا يمكن أن يخلق هكذا ، من داخله . أمن الممكن أن تكون الثدييات قد جاءت غازية ؟ أمن الجائز أن تكون قد ظهرت أولا - أو ظهر البعض منها - فى منطقة معينة ثم هاجرت ، وأن علاقتها بالدينوصورات كانت تشبه مثلا علاقة الجرابيات الثديية فى أستراليا بالمشيمات التى أدخلها الأوربيون بهذه القسارة فاحتلت معظم

مواطنها وتسببت في انقراض البعض منها ؟ نعم ، هذا ممكن • وان لم يكن ثمة دليل على حدوث هذا غير أن هذا التفسير غير كاف • فالمؤكد أن المشيميات الثديية قد حلت محل الجرابيات باستراليا ، لكن لم ينقرض من الجرابيات الا البعض - فهي لم تنقرض جميعا • بل وربما استفاد من ذلك اكبر العواشب الجرابية - الكنغر - فازدادت أعداده •

هل علينا إذن أن نفترض أن مثالنا عن الجرابيات في مواجهة المشيميات لم يكن صارما بما فيه الكفاية ؟ هل علينا أن ننسب ميزة أكبر للثدييات في تنافسها مع الزواحف ؟ ان هذه واحدة من وجهات النظر التقليدية ، ولكن ما مدى واقعية مثل هذه الميزة ؟

الثدييات ثابتة الحرارة ، وهي تلد أحيانا ، كما قلنا • كلتا الصفتين تضيفان بعض المزايا ، لكن ثبات الحرارة له ثمن يدفع كغذاء أكثر • من الجائز جدا أن يكون الظهور الفجائي لثابتات الحرارة قد أجهد موارد الغذاء التي كانت لا تكاد تكفي الغذاء المتواضع لمتغيرات الحرارة • لاشك أن بعض الزواحف ، كان يحيا على الكفاف في مراعى ضعيفة • في مثل هذه الظروف سيصعب أن تحل ثابتات الحرارة محل متغيرات الحرارة • فعندما يكون الغذاء شحيحا لن يتميز النهم ا وعلى هذا فإذا ما ظلت الظروف البيئية ثابتة في موطن تزدهر فيه متغيرات الحرارة فلن تتميز فيه ثابتات الحرارة • انما يتحقق التميز اذا ما هاجرت ثابتات الحرارة الى بيئات تركتها متغيرات الحرارة بسبب الجو • ومن الممكن جدا أن نتخيل وضعنا يمكن فيه لثابتات الحرارة أن تستغل موارد عديمة النفع بالنسبة لمتغيرات الحرارة السابقة التواجد بالموقع ، بحيث تحيا الثدييات في وضع التابع بجانب الزواحف • لكن من الصعب أن نتصور أن تكون للثدييات اليد العليا الا حينما - وحتى - تقع حادثة خارجية تغير البيئة لتصبح في غير صالح متغيرات الحرارة •

وأكثر من ذلك • اننا نفترض أن الزواحف كانت متغيرة الحرارة • ولقد سبق أن ذكرنا أنها قد لا تكون كذلك • فالثدييات لم تتطور الا مؤخرا عن الزواحف الشبيهة بالثدييات ، التي يجوز جدا أن تكون ثابتة الحرارة ، وقد تكون الأسلاف الثابتة الحرارة للطيور موجودة أيضا عندئذ • حتى لو سمحنا بميزة لثابتات الحرارة ، فستكون ميزة للثدييات يشاركها فيها على الأغلب بعض الزواحف •

والولادة تضيف أيضا ميزة ، لكن هذه لا تفيد الثدييات بأكثر مما تفيد الزواحف • فالكثير من زواحف العصر الحالي - كما ذكرنا - ولود بيوض الشيء الذي يسمح لها بالتمتع بنفس المميزات • ولما كانت الثدييات

الولود قد انحدرت عن الزواحف ، فليس من المستحيل أن تكون بعض زواحف العصر الطباشيري ولودا حقيقية .

بمعنى ما ، نحن إذن لا نقارن بالضرورة شبيها بشبيهه . فالكثير من الزواحف ولود بيسوض ، وربما كان البعض منها ولودا وربما كان البعض ثابت الحرارة . لكن ليس لدينا سبب يدعونا للقرض بأن الكثير من الزواحف - أو حتى بأن أيًا من الزواحف - كان ولودا وكان في نفس الوقت ثابت الحرارة ، كما هو حال الثدييات .

إذا أردنا أن نتصور حالة كارثة تزدهر فيها الحيوانات أن كانت لها الصفتان على حساب الحيوانات التي لا تمتلك أيًا من الصفتين أو واحدة منهما فقط ، فإننا سنحتاج نوعًا من التغير البيئي ناتجًا عن عوامل خارجية . وربما كان العامل الأكثر احتمالًا هنا هو المناخ . فإذا ما تحول المناخ بحيث أصبحت فصوله واضحة ، عندئذ ستقاسي الزواحف ولا شك .

لا يلزم أن يكون الصيف أبرد ، طالما كان أدفأ من الشتاء وطالما انخفضت حرارة الشتاء إلى مستوى لا تتحمله متغيرات الحرارة . فإذا ما كان الصيف أيضًا أدفأ تزايد الأثر المعاكس على هذه الحيوانات . وحيثما كانت الحرارة أعلى أو أدنى من المدى الذي تنشط عنده متغيرات الحرارة ، فسيكون عليها أن تنفق في تدفئة أو تبريد أنفسها وقتًا لا تستطيع أن تكرسه في أي نشاط آخر .

فإذا كانت هذه الحيوانات تضع بيضًا مخصبًا فإن البيض أيضًا سيتأثر بالحرارة المرتفعة والمنخفضة . ومن الجائز ألا يكون ثمة فصل للتناسل في الحيوانات التي تطورت تحت مناخ بلا فصول مميزة ، فلن يكون هناك سبب يستدعي ذلك . لكن ما أن تتحول البيئة إلى المناخ الموسمي حتى يدعم الضغط الانتخابي تحولًا إلى التناسل الموسمي . قد لا يكون هذا في ذاته كافيًا لضمان البقاء ، فليس أيضً الحيوانات وحده هو ما يتأثر بدرجة الحرارة ، إذ تتأثر أيضًا النباتات التي تعتمد عليها الحيوانات في غذائها . فالمناخ الموسمي هو مناخ يتباين فيه أيضًا مع الفصول القدر المتاح من الغذاء .

لا شك أن هذا سيضيف ضغطًا انتخابيًا آخر على السلوك التناسلي . فلا يكفي أن يضع الحيوان بيضه عندما تكون حرارة الجو ملائمة لتفريخه، إذ يلزم أن تنقف الصغار إلى بيئة غنية بالغذاء . ذلك أنها إذا لم تتمكن من النمو بسرعة حتى تصل إلى الحجم البالغ - الشيء الذي يحصر مجال الاستراتيجية في الحيوانات الصغيرة - فإن عليها أن تقف مبكرا في

فصل نمو النباتات كى تقضى أطول وقت ممكن فى التغذية وزيادة الوزن انتظارا لنقص الغذاء فى الشتاء القادم . غير أنه اذا كان للبيض أن يفقس مبكرا ، فسيتم أن تضع الحيوانات بيضها فى وقت أبكر حتى من هذا ، وفى هذا ما يزيد من خطر أن تتسبب برودة الجو فى تبريد البيض ، فتقتل الأجنة .

ثمة طريقان لحل هذه المشكلة . فالطيور التى تعيش عند خطوط العرض العليا مثلا تضع بيضها مبكرا فى العام ، لكنها تقوم بحضانتها بحرارة أجسامها ، وهى لا تستطيع أن تفعل هذا لو لم تكن من ثابثات الحرارة - فالزواحف الحديثة لا يمكنها أن تقوم بهذا .

أما الطريق الثانى فهو أن يكون الحيوان ولودا ، أو على الأقل ولودا بيوضا . فبأحدى هاتين الوسيلتين يمكن للآباء السيطرة بثبات على بيئة البيض المحضن ، وفى بحثها عن الظروف التى تفضلها ستصل أوتوماتيكيا إلى الظروف التى يحتاجها بيضها . وهذه الاستراتيجية تصلح لمتغيرات الحرارة ، كما تصلح لثابثات الحرارة . فعندما تدفئ متغيرات الحرارة جسمها أو تبرده فإنها تدفئ بيضها وتبرده . ورغم ذلك فإن ثابثات الحرارة تتمتع بميزة واضحة لأنها أقل انصياعا لحرارة الجو ، وتستطيع أن تعمل بكفاءة فى مدى واسع من درجات الحرارة الخارجية . فمن الممكن أن تتزاوج فى الخريف ، ويمتد الحمل خلال الشتاء ، لتلد على نهاية الشتاء وتقطع صغارها عندما يكون الغذاء النباتى وفيرا .

ولقد تحولت طريقة الولادة فى بعض الثدييات الحالية لتسمح بامتصاص الأجنة الميته ، وبذا تضمن ألا يولد إلا الأفراد التى لها أعلى فرصة فى البقاء ، كما تضمن ألا تبسدد الأم الموارد التى تستثمرها فى أجنثها . كما أن تثبيت البويضة المخصبة فى الرحم قد يتأخر فى بعض الثدييات لفترة قد تصل شهورا ، وهذا يسمح بأن تتزاوج الأفراد البالغة فى الفصل الذى تكون فيه أكثر نشاطا ، وبأن تولد الصغار عندما تصبح الظروف البيئية أفضل ما تكون بالنسبة لها . ولا يمكن بطبيعة الحال أن تتم أى من هاتين الطريقتين إلا اذا كان الحيوان ولودا .

بذا تزدهر الثدييات والطيور فى المناخ الموسمى الحقيقى ، بينما تزدهر الغالبية العظمى من الزواحف فى المناخ غير الموسمى . فإذا كان المناخ قد تغير خلال العصر الطباشيرى، فمن الممكن أن يسمح ذلك للثدييات بأن تحل محل الزواحف ولو كان المناخ قد تغير فجأة ، فإن التغير لا بد وأن يكون أيضا فجائيا . فهل تحول المناخ بهذه الطريقة ؟

كان المناخ خلال العصر الطباشيرى معتدلا فى العالم كله ، كما أنه

— وهذا هو المهم — كان ثابتا مستقرا • كان المناخ مثاليا بالنسبة للزواحف ، لسبب بسيط هو أنها قد تطورت بالتحديد داخل هذا المناخ • ولو أن المناخ قد بقى دون تغير حتى زماننا هذا ، فلن يكون ثمة سبب لتدهور الزواحف • ربما بقيت الثدييات تحيا فى ظلام الليل • ولو حدث وتطورت بعض الكائنات « الذكية » — كائنات مثلا ذات تكنولوجيات متقدمة — فسيكون جلدها على الأغلب ذا حراشيف و (ربما) كانت لها ذيول طويلة •

غير أن المناخ كان يتغير فى نهاية الحقب الميزوزوى ، ومن الممكن أن نلاحظ بداية التغير فى العصر الطباشيرى • لكن التغير على تهاية هذا العصر لم يكن قد تقدم كثيرا — لم يكن ثمة ثلوج على السطح — لكن العالم كان يتجه نحو البرودة • غير ظهور الجبال من أنماط دورات الهواء كما هو من المناخات المحلية • تسببت تحركات قشرة الأرض فى رفع كتل القارات وخفض مستوى ماء البحر • وربما سببت بعض التغيرات فى الشمس نفسها انخفاضا فى كمية الطاقة التى تصل الأرض • قد تكون هذه التغيرات كافية لحدوث بعض الانقراضات المحلية • وهناك أدلة حفرية تقول أن مثل هذه التغيرات قد نتج عنها بعض الانقراضات ، ولكن ليس من سبب للادعاء بأنها كانت أكثر من انقراضات محلية •

استمر تغير المناخ حتى العصر الثالث • ارتفعت مستويات البحر مرة أخرى بسبب تحركات تالية فى قشرة الأرض • لكن ، برغم ذلك ظلت عملية التبريد بطيئة • وحتى الفترة الأوليجوسينية — التى ابتدأت منذ ٢٨ مليون سنة — كان المناخ الاستوائى يمتد على جانبى خط الاستواء الى مسافة نحو ٥٠ درجة • ولم يصبح مناخ الأرض موسميا واضحا الا منذ نحو ٢٧ مليون سنة ، ليضمحل الحزام الاستوائى فى اتجاه خط الاستواء • عندئذ بدأت مزايا ثبات حرارة الجسم مع صفة الولادة ، بدأت تظهر أثرها — لتتزايد أعداد الثدييات وتتدهور أعداد الزواحف •

لم يكن هذا بالطبع هو السبب فى اختفاء الدينوصورات • لقد اختفت لأن كارثة وقعت أودت بالحيوانات الكبيرة ، وبسرعة عادت الظروف بعد الواقعة الى ما كانت عليه ، لتتكاثر الثدييات فتملا الموطن الايكولوجية التى فرغتها الزواحف • ثم ان الدينوصورات قد اختفت منذ ٦٥ مليون سنة لا منذ ٢٧ مليون سنة ، أى قبل ٣٨ مليون سنة من حدوث التغير فى المناخ الذى قد يؤدى الى اختفائها • لو أن هذه الواقعة لم تحدث ، إذن لتوقعنا بالتأكيد أن تتسبب برودة المناخ فى تغيرات تطورية تكيف بها الأنواع نفسها مع الظروف الجديدة • ولا يمكننا الا أن نفترض بأن الثدييات كانت ستستفيد فى مثل هذه الحالة • ولنا أن نتوقع ظهور أنواع

من الزواحف أفضل تكيفا مع الظروف البيئية الجديدة التى تعيش تحتها -
ليس الزاحف الثابت الحرارة الولود المتكيف للحياة فى المناخ الموسمى ،
ثدييا تحت اسم آخر ؟

ورغم ذلك فهناك نتيجة تطورية مثيرة • ان النجاح العظيم للثدييات
قد ابتدا منذ ٦٥ مليون سنة ، مباشرة بعد الاصطدام • لو ان هذا
الاصطدام لم يحدث ، فسيكون تغير المناخ (بعد ٣٨ مليون سنة) هو
اكثر الاسباب احتمالا لاي تغير تطورى كبير • ان الامر يبدو اذن كما لو
كان الاثر البيولوجى الرئيسى الطويل المدى للاصطدام هو التبكير بتغيير
كان سيحدث بعد ٣٨ مليون سنة • لقد تسبب الاصطدام فى اسراع التطور
بهذا القدر •

ان العادة ان نفكر فى الكوارث الهائلة فى صورة حجم الخسراب
الذى تسببه وعدد الكائنات الحية الذى تقتله • وهذه بالطبع طريقة -
قصيرة الأمد - للنظر الى الآثار • اما اذا نظرنا الى النتائج البعيدة
المدى ، فان علينا ان نعترف بان الآثار لم تكن بهذه الخطورة - فلقد
استمرت الحياة ، بل وسنعتبرها مفيدة ، لأننا من جنس الانسان • فهناك
من الاسباب ما يجعلنا نعتقد ان هذه الكارثة قد منحتنا الأرض بضع
عشرات الملايين من السنين ، لم تكن دونها لنتمتع بخيراتها • وهذا لا يعنى
ان كل الكوارث العظمى سيكون لها مثل هذا الاثر ، فربما كانت هذه النتيجة
مرتبطة بالحوادث التى تقع خلال فترة طويلة من الثبات ، اذ الأرجح ان
يكون للكوارث التى تحدث خلال فترة تغير سريع اثر اقل نفعا • ربما كانت
هذه الكارثة المعينة قد أسرعت من عملية التطور ، لكن هذا لا يعنى ان
نرحب - بالنيابة عن انفسنا وبالأصالة عن كوكب الأرض - بوقائع اخرى
من هذا القبيل • فقد تختلف النتائج تماما • اما فى حالتنا التى ندرسها ،
فيبدو ان ثمة اذى كبيرا لم يحدث •

الفصل العاشر

السماء الشائرة

اننا نعتقد أن كويكبا قد ارتطم بالأرض منذ ٦٥ مليون سنة ، وأن هذا الاصطدام قد قتل بلايين لا تعد ولا تحصى من الكائنات الحية ، وغير من مجرى التطور . وليس أمامنا إلا أن نسأل الأسئلة التي تبرز تلقائيا عن هذا الاكتشاف . هل كانت الواقعة منفردة ؟ هل حدث ما يشبهها مثلا ؟ هل يمكن أن تحدث مستقبلا ؟

ان القمر هو المكان الذي سنبدأ فيه البحث عن الاجابات . وعندما نفحص تابعنا هذا علينا أن نقارن نتائجنا بما نعرفه من الشواهد عن جيراننا في النظام الشمسي : المريخ والزهرة وعطارد .

ان اول ما نلاحظه هو أن سطح القمر مليء بالحفر . ولقد ظل أصل هذه الحفر غير مؤكد لفترة طويلة . كان المعتقد أنها نشأت عن أجسام تصطدم بالسطح ، أو أنها ناتجة عن البراكين ، ولكن معظمها ناتج عن اصطدامات .

تكاد هذه الحفر جميعا تكون دائرية . وهذا شيء غريب . فلقد رأينا أن احتمال أن تكون زاوية اصطدام الجسم الساقط بسطح الجسم الآخر زاوية قائمة بالضبط هو أمر مستبعد للغاية ، وأن احتمال أن يحدث ذلك مع كل الأجسام المصطدمة هو احتمال مرفوض تماما . فإذا ما كان الاصطدام يتم بزاوية ضحلة ، فإن ذلك سيسبب حفرة لها شكل بيضاوي تقريبا . أما الحفر الدائرية فالأرجح أن تنشأ عن البراكين . لكن اللغز قد حل ، والحل علاقة بقصتنا .

عندما يصطدم ليزك يزن عدة أطنان بسطح الأرض أو القمر بسرعة تحسب بالكيلو مترات في الثانية ، فإنه ينقل قوة دفعه الهائلة الى صخور السطح . تضغط هذه في أول الأمر وتدفع الى أسفل . لكن الضغط المتزايد من الصخور السفلية سريعا ما يقاوم قوة الاصطدام ويوقف الحركة

الى أسفل • هنا تكون معظم طاقة الاصطدام محصورة فى منطقة صغيرة من الصخر الساخن المضغوط ، فتتعدد الى الخارج مع اتجاه القطر ، وتدفع بصخور السطح جانبا لتكون حفرة دائرية مضبوطة • وفى الوقت الذى يبدأ فيه التدفق الى الخارج تكون حركة النيزك الى أسفل قد توقفت •

عندما يحدث الانضغاط الرهيب فى أول الأمر ، ويغطى الاصطدام من سرعة النيزك ، يتولد من الحرارة مايكفى لتحويل النيزك الى بلازما غازية • وعندما تتمدد هذه لتشكل الحفرة ، فلن يتبقى من المادة الأصلية التى سقطت من السماء أية آثار صلبة ، لا على قاع الحفرة ولا تحته • تتشتت هذه كغبار تحمله الرياح بعيدا •

يغطى الغلاف الجوى للأرض كثيرا من سرعة النيازك الصغيرة - تماما كما يحدث مع مركبات عودة رجال الفضاء - بحيث تهبط بهدوء نسبي ، فتبقى كما هى سليمة • أما الأجسام الضخمة أو الكويكبية فانها تفقد فى الهواء نسبة جد صغيرة من طاقتها الحركية الكلية ، بحيث يصبح اثر وجود الغلاف الجوى على قوة الاصطدام مع السطح اثرا تافها •

اصطدم بالقمر اذن خلال تاريخه الكثير من الأجسام الصلبة الضخمة التى تتحرك بسرعة • عندما أرسلت مركبة الفضاء غير المأهولة بأول الصور القريبة لسطح عطارد ، اتضح أنه سطح ملىء بالحفر • ومعلوماتنا عن سطح الزهرة أقل تفصيلا ، لكن سطح المريخ هو الآخر ملىء بالحفر ، الشيء الذى يدفعنا للفرض بأن كوكب الزهرة لا بد وأن يكون قد تعرض هو الآخر لنفس الشيء • والحقيقة أن الأجرام بالمنطقة الداخلية من النظام الشمسى - عطارد والزهرة والقمر والمريخ - كلها قد تعرض للاصطدام مرات ومرات لا تعد ولا تحصى • فلماذا اذن نفترض ان تتميز الأرض عنها جميعا ؟ لماذا تصطدم الأجسام بالقمر ولا تصطدم بالأرض ، وهى القريبة جدا منه والأكبر حجما ؟

لا يوجد غير اجابة واحدة • ان الأرض ليست مميزة خاصة • لقد اصطدم بها الكثير من مثل هذه الكويكبات • أما أن سطحها لا يحفظ الا القليل من الحفر ، فهذا يرجع الى كونها نشطة تكتونيكيا ، ولأن وفرة مياهها تسبب التجوية وستتآكل مع الزمان سلاسل بأكملها من الجبال بسبب جو الأرض • من المستبعد اذن أن تبقى مثل هذه الحفر على سطح الأرض فترة طويلة ، فسطح الأرض لا يحفظ مثل هذه الآثار جيدا • وقد يكون سطح كوكب الزهرة كسطح الأرض من هذه الوجهة - فالحفر عليهما ليست بالكثيرة • ولن يكون سبب التعرية فيه هو الماء ، وانما الغلاف

الجوى الذى يصل من الكثافة حدا يمكن فيه اعتباره محيطا هائلا من ثانى أكسيد الكربون . أما أسطح الكواكب القريبة فتحتفظ بالحفر جيدا .

هذا يجيب على السؤالين الأول والثانى . لم يكن اصطدام الكويكب الذى وصفناه واقعة منفردة . فلقد حدثت قبلا مثل هذه الاصطدامات كثيرا ولا شك . لقد حدثت هذه الواقعة منذ ٦٥ مليون سنة مضت ، وهذا يبدو زمنا طويلا . فهل يعنى ذلك أن هذا الاصطدام الأخير كان النهائى ، وأن السماء لا تحوى أية أجسام ضخمة يمكنها أن تمطرنا بها ؟ ان اجابة هذا السؤال - يا للأسف - لا بد وأن تكون « كلا » .

حياتنا قصيرة ، ونحن نقيس الزمن بها . فليس ثمة فارق كبير بين الأبد وبين بضعة ملايين من السنين . ان مثل هذه الأرقام الضخمة أبعد من خبراتنا . يلزمنا أن نفكر فى الحوادث داخل النظام الشمسى فى صورة ما يمكن أن نسميه « الزمن الشمسى » لا « الزمن البشرى » . قد تمتد حياة الانسان - ونادرا - الى مائة عام ، أما فترة حياة النظام الشمسى فتمتد آلاف الملايين من السنين . ولقد وجد هذا النظام بالفعل منذ نحو ٥ بليون سنة . دعنا نربط الاثنين بتحويل الزمن الشمسى الى زمن بشرى . لكى نفعل هذا علينا أن نفترض طولا لحياة الشمس ثم نقدر عمرها . دعنا نفترض أنها فى خريف العمر : ان هذا يعادل خمسين عاما من عمر الانسان . معنى هذا أن خمسين عاما من عمر الانسان تعادل خمسة بلايين سنة فى عمر النظام الشمسى . وبذا فان ٦٥ مليون سنة من عمر النظام الشمسى لا تعادل سوى أقل من ثمانية أشهر من عمر الانسان . وعلى هذا فان الواقعة التى حدثت منذ ثمانية أشهر والتى نعرف أنها تتكرر كثيرا هى واقعة دورية . أما أن نتصور أن الواقعة قد حدثت منذ زمان طويل فهو مجرد وهم .

ما مدى تكرر مثل هذه الاصطدامات ؟ أمكن تقدير هذا على أساس أن الأرض تتلقى مثل هذه الاصطدامات بنفس معدل تلقى القمر وغيره من الكواكب الداخلية ، ولأنه من الممكن عند فحص الحفر بدقة أن نحدد عمرها عن طريق طبقات الصخور حولها . كانت الصورة التى بزغت عن ذلك تشير الى أن الاصطدامات كانت كثيرة جدا فى التاريخ المبكر للنظام الشمسى ، ثم تناقص تكررها بعدة منذ نحو ٣ - ٣ر٥ بليون سنة الى مستوى بقى ثابتا من ذاك الحين . وعلى هذا فاننا نتوقع أن يكون الكثير من الحفر التى نراها على الكواكب الأخرى ممعنا فى القدم - وان كانت الحفر القديمة قميئة بأن تغشاها حفر أحدث . وقد قدر نابير وكلوب - من المرصد الملكى بادنبره - أن الأرض يصطدم بها كويكب قطره نحو ٣ر٩ كم كل ٩ر٢ مليون سنة (وقد حسب القطر من حجم الحفر) وكويكب

سنة ، وكويكب قطره ٢٠ر٨ كم كل ٣٦٠ مليون سنة . ومعنى هذا واضح .
اننا نتوقع أن الاصطدام القادم لجسم له حجم الكويكب الذى تسبب فى
الانقراضات الطباشيرية على وشك الحدوث ائمة عزاء - ان يكن محدودا
- للعصبيين منا : لقد قام علماء آخرون بحسابات أخرى وتوصل بعضهم
الى ان تكرر الاصطدام بأجسام قطرها ١٠ - ١١ كم يبلغ نحو مرة كل
١٠٠ مليون سنة .

توصلنا الى اجابات على الأسئلة الثلاثة التى بدأنا بها هذا الفصل .
لقد حدثت اصطدمات هائلة بالأرض ، والحق أنها وقائع عادية جدا ،
وستحدث مثل هذه الاصطدمات فى المستقبل . أما حقيقة أنها تحدث بمعدل
يمكن حسابه فتقودنا الى تأمل جديد . فإذا كانت واقعة من هذا القبيل
قد أنهت العصر الطباشيرى ، فهل حددت اصطدمات أخرى نهاية عصور
جيولوجية أخرى ؟ ان هذا احتمال قائم ، ولقد اقترحه بعض العلماء فى
بعض الحالات على الأقل . لقد وجد نابير وكلوب شواهد على اصطدمات
يرجع تاريخها بالتقريب الى بداية العصر البليستوسينى (منذ مليون سنة)
والبليوسينى (منذ ١٣ مليون سنة) والميوسينى (منذ ٢٥ مليون سنة)
والأوليوجوسينى (منذ ٣٦ مليون سنة) ، والأيوسينى (منذ ٥٨ مليون
سنة) والجورائى (منذ ١٨١ مليون سنة) ، والترياسى (منذ ٢٣٠ مليون
سنة) والكربونى (منذ ٣٤٥ مليون سنة) ، وان كان التقديران الأخيران
غير دقيقين لصعوبات فى تقدير العمر . وهما يظنان أن واقعة شبيهة قد
حدثت تتعلق بالعصر البرمى (منذ ٢٨٠ مليون سنة) وبداية العصر
الديفونى (منذ ٤٠٥ مليون سنة) وكذا بداية العصر الطباشيرى ونهايته .

ربما واجهتك الآن صعوبة . فإذا ما كان تاريخنا مرصعا
بالاصطدمات الهائلة مع الكويكبات ، فلماذا لم يستنفد النظام الشمسى
ما فى جعبته من كويكبات مناسبة ؟ فمثل هذا الجسم لا يستطيع أن يصطدم
بالكوكب أكثر من مرة ، ومعنى هذا أن جسما يفقد مع كل ارتطام . ورغم
ذلك فان معدل الاصطدمات يمكن حسابه ، وهو معدل يكاد يكون ثابتا .
وعلى أية حال فليس ثمة من دليل على تناقضه .

ان هذه صعوبة حقيقية ، ولقد ذكرها الكثيرون ممن اعملوا فكرهم
فى الموضوع . ولم يستطع أحد أن يجد الاجابة . وان كان ثمة بضع
نظريات . علينا أولا أن نحاول تبرير الانخفاض الحاد فى معدل
الاصطدمات منذ ٣ر٥ بليون سنة .

من المعتقد ان النظام الشمسى قد تكثف عن سديم غازى وحطام
صلب . ما تزال قضية الآلية الحقيقية التى تكونت بها الكواكب موضع

جدل ، لكن ، من بين النظريات الأكثر قبولا هناك نظرية التجميع عن طريق الاصطدام المتسلسل للكويكبات . وتبعاً لهذه النظرية تلتحم الأجسام المتصادمة مع بعضها ، وكلما ازداد حجم الكتلة الناتجة كلما أضافت الصخور الأصغر التي تصطدم بها كتلتها ، تماماً كما تفعل النيازك الآن . وما أن توطدت عائلة الكواكب الحـالية حتى بدأت الكويكبات الباقية تستنزف بالتدريج الى أن توقف انهيارها . ولقد حدثت هذه النهاية السلمية - التي تحدد تجمع النظام الشمسي - منذ ٣٥٠ مليون عام .

تناقص معدل الاصطدامات ، ولكن لماذا لم يستمر تناقصه حتى الصفر ؟ فإذا ما كان كل كوكب جديد سيقطن ما يجده متاحاً من المادة ، فلا بد أن تكون الكتل المتبقية آمنة تدور في أفلاك لها لا تأخذها قرب كوكب تصطدم به . ويلزم أن نوافق على أن بعض هذه الأفلاك كان واسعاً جداً ، وبذا تكون فترة الأجسام كبيرة (نقصد الوقت الذي ينقضي ما بين المرور بنقطة في النظام الشمسي والعودة إليها) ، وبالرغم من ذلك فالمفروض أن تكون قد اختفت من زمان طويل . ربما كان الحطام النموذجي الباقي منذ نشأة النظام الشمسي هو الموجود في الحزام النجمي ، حيث منع أن يتكون هناك كوكب - هكذا يتصور بعض الفلكيين - بسبب القوى المغناطيسية لكوكب عطارد التي تمزق الكتل إذا ما التحمت ووصلت الى حجم معين . غير أن النجيمات لها أفلاك معروفة ويصعب أن نتخيل كيف تحيد عنها لتتجه إلينا أو الى أى كوكب آخر .

ربما كان هناك بعض من المادة - ما يزال - باقياً منذ نشأة النظام الشمسي ، وربما كانت الكواكب - ومنها الأرض - ما تزال تجمعها . أن تجميع الجسيمات الصغيرة في كتل أكبر كان أمراً أكثر احتمالاً عندما كانت سحابة المادة كثيفة نسبياً . ثم حدث أن تجمع معظمها ليكون الشمس والكواكب - والشمس وحدها تشكل أكثر من ٩٩٪ من الكتلة الكلية للنظام الشمسي - وظل الباقي منتشراً لدرجة لم تعد تسمح بالتحامه في صورة أجرام كبيرة . قد يتساقط البعض من هذه البقايا مع مطر الجسيمات الذي ما نفتاً نشأه كنيازك أو شهب . وتجمع الأرض سنوياً ما يصل الى ١٠٠٠ طن منها . وهناك أيضاً المذنبات التي قد تكون - أو لا تكون - ناشئة من داخل النظام الشمسي ، وكذا أجسام أبولو التي قد تكون في الأصل مذنبات - وقد لا تكون . لم يتبق - لحد علمنا - من المادة بعد نشأة النظام الشمسي ما يعلل الاصطدامات الضخمة على المستوى الذي فحصه نابير وكلوب .

ان الوضع يبدو كما لو كانت المادة تستطيع أن تدخل النظام الشمسي من خارجه . فاذا كان هذا صحيحا فسيغدو أمرا مثيرا ، لأن هذا يعنى أننا قد نستطيع أن نفحص موادا لم تنشأ داخل النظام الشمسي ، وبهذا نتمكن من معرفة الكثير عن مناطق أخرى من مجرتنا .

كان أول اقتراح لنشأ من خارج النظام الشمسي هو الاقتراح الذى قدمه سنة ١٩٥٠ الفلكي الهولندي البارز جان هندريك أورت . ولقد تطور هذا الاقتراح عن افكار قديمة حاول بها الفلكيون تفسير بعض الشذوذ فى نظريات نشأة النظام الشمسي . كانت هذه تختص أساسا بالسرعات وبالعزوم الزاوية للكواكب (الكتلة \times السرعة) . فاذا ما كانت الكواكب قد نشأت حول حافة الكتلة التى أصبحت الشمس ، فكيف تتحرك بسرعة أكبر من معدل دوران الشمس ؟ فعطارد مثلا يتحرك بسرعة تبلغ ٣٠ ضعف العزم الزاوى المفروض لو كانت هذه هى القصة الكاملة لنشأة النظام الشمسي ، أما نبتون فيتحرك بسرعة تبلغ ٨٠ ضعفا . ولو أن نجما مارا عجل من سرعة الكواكب لتصل الى مداها الحالى ، فلماذا لم تفلت الكواكب كلية من الشمس ؟ وجد هذا الاشكال حله عندما اعتبرت الشمس العضو الباقى من نظام ثنائى كان موجودا يوما ما . ونظم الأنجم الثنائية شائعة جدا فى مجرتنا حتى يمكن اعتبارها القاعدة لا الاستثناء . ولو أن آلية ما حطمت النجم رفيق الشمس - مثلا اصطدامه بنجم آخر - وأن كان ثمة نظريات أخرى فى هذا الشأن - اذن لأمكننا تعليل سلوك الكواكب .

ماذا حدث لمادة هذا الكوكب الرفيق ؟ اقترح أورت أنها - أو بعضا منها - قد بقى ليكون سحابة من الأجسام الصغيرة تلف على محورها وتدور حول الشمس ، ولكنها ظلت غير مرئية فيما وراء فلك الكوكب بلوتو . وقد حاج بأن هذه السحابة - التى تسمى الآن سحابة أورت - هى مصدر المذنبات وكل الكويكبات التى تتحرك فى أفلاك تختلف تماما عن أفلاك الكواكب والنجوم .

لا بد أن تتكون سحابة أورت بالتصادم من نفس مادة النظام الشمسي فهى جزء منه ، وبذا فإن الأجسام التى تدخل وتصل الى مركز النظام الشمسي لا يجب أن تعتبر دخيلة عليه . غير أن هناك نظرية أخرى بديلة ربما كانت لا تتفق مع وجود سحابة أورت .

يبدو أن الأرض تتعرض لحوادث اصطدام هائلة على فترات لا يمكن تقديرها ، لكن هذا لا يعنى أن هذه تحدث كوقائع فردية متفردة . أنها « تتجمع » - نعنى أن الاصطدام الكبير عادة ما تصاحبه اصطدامات عديدة صغيرة فى نفس الوقت - أى تتلوه بعد بضع عشرات الآلاف من السنين أو على الأكثر بعد مليون سنة أو مليونين . وهذا يثير احتمال مقابلة

النظام الشمسى من آن لآخر لسحابات من مادة تتكون من جسيمات تتباين حجما ما بين الدقائقية وبين الكويكبية . وعلى هذا فان البعض من هذه الجسيمات قد يدخل النظام الشمسى ، وقد يصطدم البعض بالأجرام داخل هذا النظام .

نعرف أن الكواكب تدور حول الشمس : هذا أمر تسهل ملاحظته . ونعرف أيضا أن الكواكب والشمس كلها تدور حول محاورها . وهذا أيضا أمر بدهى بالنسبة للأرض ، ولا تصعب ملاحظته بالنسبة لبقية الكواكب . انما قد يصعب ادراك أن يكون النظام الشمسى بأكمله مشتركا فى تحرك على مستوى أعظم .

فمجرتنا - التى تتكون من مركز كثيف نسبيا يشبه القرص ، له أذرع تتحلز عنده - مجرتنا هذه تدور حول محور لها ، ونظامنا الشمسى يتحرك بالطبع معها ، فهو جزء منها . وهذه الحركة حركة معقدة فالمجرة ليست جسما صلبا واحدا ، وأجزاءها المختلفة تتحرك بسرعات مختلفة . غير أننا نستطيع بالحساب أن نقول أن النظام الشمسى منذ نشأته قد قام بنحو خمس وعشرين دورة كاملة حول مركز المجرة - نعلم أن عمره يبلغ خمسا وعشرين سنة مجرية . وبالإضافة الى ذلك فان للشمس - مثلها مثل بقية الأنجم - تحركات غير منتظمة تحملها الى مناطق مختلفة من المجرة . وهذا أمر يصعب تفهمه ، لكن قد يساعدنا فى ذلك القياس الذى عرضه س^١ . شكوفسكيى وكارل ساغان . طلبا من قرائهما أن يتصوروا المجرة كسحابة غازية ، النجوم فيها جزيئات . وأول ما يجب الانتباه اليه هو أن السحابة نقية حقا ، لكن الجزيئات بها ليست موزعة بالتساوى ، فالسحابة أكثر فى بعض المواضع عنها فى البعض الآخر . تدور السحابة بأكملها ، وبذا فجزئياتها تشترك فى الدوران . لكن هذه الجزيئات تتجول استجابة للقوى الموضعية - شأنها شأن الجزيئات الحقيقية فى أى سحابة غاز طبيعية .

ثمة حركة مماثلة تحمل الشمس خلال الأذرع اللولبية للمجرة ، ونحن نعلم ذراعا من هذه كل بضع عشرات من ملايين السنين . فإذا كانت هذه الأذرع اللولبية تضم كويكبات ، فمن الجائز أن تتسبب حركة الشمس خلالها من حيز بعض منها ليشكل سحابة أورت . ومثل هذه السحابة لن تبقى طويلا (بالزمن الجرى) ، ذلك أن حركتها ، بجانب القوى الجاذبية للشمس ، ستسبب تشتتها ، إذ سيطوح ببعض الأجرام بعيدا ، كما ستدفع بعض الأجرام الأخرى نحو الشمس نفسها - الى داخل النظام الشمسى - حيث يفقد بعضها بالاصطدام بالكواكب . اقترح نابير وكلوب

– اللذان يعضدان هذه النظرية – أن هذه الطريقة قد أسر بها معظم المذنبات ، والكويكبات من خارج الحزام النجمي ، والكثير من النجيمات .
أن بقاء هذه الأجسام داخل النظام الشمسي إنما هو أمر مؤقت . فستضيع في نهاية الأمر ، إما بالاصطدام بالكواكب ، أو بتحريكها خارج النظام تماما .

لكن هذه النظرية تواجه صعوبات يعترف بها ناير وكلوب . فليس من السهل عليها أن تعلق كيف تكون بالأذرع اللولبية للمجرة هذا العدد الكبير من الأجسام الكبيرة ، عن طريق الالتحام ، وذلك في الزمن المتاح ، والذي يقدر من عمر المجرة بأكملها . ورغم ذلك فإن تكوين هذه الأجسام ليس مستحيلا ، والنظرية في الواقع مقنعة .

إذا كان ما نلاقه خلال المجرة هو من المادة غير النجمية ، فكيف ينسجم هذا مع قولنا بأنه لما كان تحليل النيازك مطابقا لمادة النظام الشمسي فإنها لابد وقد نشأت داخل النظام الشمسي ؟

نعلم أن مادة الكون الأساسية هي الأيدروجين ، وأن كل العناصر الأثقل مصنوعة منه . ونعلم أيضا كيف تتكون داخل النجوم ، كما نعلم أن العناصر الأثقل من الحديد لابد وأن تتشكل في ظروف لا توفرها إلا السوبرنوفا . ولدينا نظريات تفسر تشكيل نظامنا الشمسي ، الذي نعرف تركيبه . وليس من المعقول أن يكون نظامنا الشمسي نظاما متفردا ، لا ولا أن تكون هكذا حتى منطقتنا من المجرة . أن القوانين التي تحكم تكوين العناصر وتكوين النجوم لابد وأن تكون عامة ، على الأقل داخل مجرتنا . وعلى هذا فإن ما نعثر عليه من مواد داخل مجرتنا سيكون من عناصر مشابهة لما نجده في نظامنا ، لأن تشكيلها وتنظيمها لابد وأن يكون ناتجا عن عمليات مطابقة لما حدث بمجرتنا . أما فكرة أن تتشكل الكويكبات عن التهام الغبار داخل الأذرع اللولبية للمجرة فهي فكرة تستقيم مع النظرية ، وهي تستقيم أيضا مع ما نلاحظه من نقص الكربون والنيتروجين والأكسجين في الغبار بين النجوم ، ومن وجود « الكريات الباردة » التي ينبعث منها أول أكسيد الكربون والتي قد ترتبط بتكوين الكويكبات . ويبدو أن هذه الكريات هي التجمعات الملتحمة للغبار التي قد تكون في سبيلها إلى التكون أو التشظي ، بنفس الطريقة تقريبا التي تنشأ بها النجوم في المراحل الأولى . أما حقيقة ملاحظة هذه الكريات وهي تقذف بأول أكسيد الكربون – الذي يمكن رصده – فقد قادت ناير وكلوب لاستنباط وجودها في بعض أجزاء السحابة التي تطلق أول أكسيد الكربون والتي لا يلحظ بها أجسام صلبة .

قد يكون توزيع نظائر العناصر نمطيا للأقران النجمية - أو السوبر نوفا - التي تكونت بها ، ولكن ليس هناك سبب حقيقى للفرض بهذا . ولن نستطيع الفرض بأن النجوم التي تتكون بها العناصر الثقيلة تضع بصمتها فوق هذه العناصر حتى نكتشف عينات من العناصر تختلف عن بعضها اختلافا واضحا فى التركيب النظائرى .

ونحن أولا وأخيرا لا نعرف ما اذا كان كويكب العصر الطباشيرى قد نشأ داخل النظام الشمسى أم أنه قد اقتلص من خارجه ، لكن احتمال دخول الكويكبات الى النظام الشمسى من آن لآخر احتمال قائم وقوى . أما ما نعرفه فهو أن ثمة اصطدامات بالكويكبات قد حدثت مرات عديدة فى الماضى ، وأن معدلات الاصطدامات خلال الثلاثة بلايين سنة الماضية (أو الثلاثة بلايين ونصف) قد بقيت ثابتة ، وأنه اذا ما كان ثمة رصيد ثابت منها فانه بعد لم يستنفذ . ويوما ما ، قريبا لا بعيدا - بالنظر الى ما نعرفه عن متوسط حدوث هذه الاصطدامات - سيرتطم بأرضنا كويكب آخر !

ماذا سنفعل حياله ؟ نظريا ، أمامنا خياران : الوقاية أو العلاج .

الواقع أن طريق « العلاج » لن يكون عمليا . انه يعنى اقرارنا بالامتناع من وقوع الكارثة ، وأنه ليس أمامنا الا أن نحاول النجاة منها . ولن ننجو منها جميعا - بالطبع . ستتخطم كل الحياة فى منطقة الاصطدام نفسه ، أما فى المناطق الأبعد فالبقاء ممكن اذا كنا قد اتخذنا احتياطاتنا مقدما . والواضح أن هذا يتطلب اقامة مخابىء للوقاية ، يلزم أن تكون قادرة على ترشيح الهواء وتنقيته ، كما يلزم أن تتحمل الحرارة العالية والهزة العنيفة ، بينما توفر فى نفس الوقت الظروف الصالحة للحياة ، بل وقد يلزم أيضا أن تتحمل الغمر الكامل تحت الماء . أما من سيحتمون داخلها فسيضطرون للبقاء بضعة اسابيع ، وبذا يلزم أن يكون معهم ما يكفى من الغذاء والماء . وهذه الحاجات - من ناحية المبدأ - لا تشكل صعوبات تقنية كبيرة ، ففى مقدورنا أن نقيم مبان بهذه المواصفات .

علينا أن نسلم باحتمال أن يواجه الناس عند خروجهم من مخبئهم بأن كل الحيوانات الكبيرة قد قتلت لسبب أو لآخر ، ومثلها أيضا معظم النباتات . قد تصبح التربة أيضا حامضية جدا والماء ملوثا . يمكننا أن نسلم بهذا . فإذا ما كان مخزون الغذاء يكفى سنتين على الأقل ، وإذا كنا قد حمينا معنا نوية للتربية من حيوانات المزرعة ، فمن الممكن أن نستعيد تربية الحيوانات ثانية . وإذا ما كنا قد أخذنا معنا بذور محاصيل الحقل وغيرها من النباتات التي تنمو طبيعيا فى المنطقة القريبة ، فمن الممكن أن يعوض الغطاء الأخضر . وإذا كنا قد حفظنا قدرا كبيرا من الجير ، فمن

الممكن اصلاح حموضة التربة • واذا كنا قد خصصنا بعض المخاضىء للنباتات التى تطهر الماء فمن الممكن أن نوفر بسرعة ما يكفى من الماء الصالح للشرب • يمكن القيام بهذا ، كل هذا ، ولكن هل هذا أمر عملى ؟

فأولا ، سننقذ •• من ؟ فاما أن نجد مكانا بالملجأ لكل البشر ، واما أن نواجه قرارات أخلاقية صعبة • ستكون الاستجابة السياسية على الأرجح – والتى ربما كانت الأفضل – هو ألا نتخذ قرارا على الإطلاق • ستكون تكاليف انشاء المخاضىء هائلة ، ولا بد أن تدفعها مجتمعات فشلت حتى الآن فى تهيئة ما يكفى من الغذاء والسكن للملايين البشر تحت الظروف الطبيعية • أما حجم هذه التكاليف فلا بد أن يقدر حسب قدر الحظر الذى سيتعرض له البشر وهذا يتطلب منا ليس فقط أن نقدر مدى أثر الاصطدام ، وانما أيضا احتمال وقوعه • اننا نستطيع أن نقول ببعض الثقة انه من المحتمل جدا أن يقع مثل هذا الاصطدام خلال الخمسين مليون سنة القادمة ولكن يصعب أن نجد محاسبا يتأثر بهذا ا انه يريد أن يعرف الاحتمال خلال العشرة أو الخمسة أعوام القادمة • فإذا كان ثمة اصطدام ضخم يحدث كل مائة مليون عام ، فإن احتمال وقوعه فى فترة تبلغ عشر سنوات هو واحد على عشرة ملايين • والاحتمال بالطبع صحيح بالنسبة لآى فترة من عشر سنوات ، بما فيها الأعوام العشرة التى ستحدث فيها الواقعة •• ولكن هذا لن يساعدنا كثيرا فى تحديد العقد المميت ا

لنا إذن أن نفترض أن لا استعدادات ستجرى لننجو من الواقعة • فهل يمكن منعها ؟

هذا أمر عملى تماما مقارنة بالسابق ، بالرغم مما قد يبدو فى هذه الجملة من غرابة • والحق أن فيلما من الخيال العلمى اسمه «النيك» (ظهر سنة ١٩٧٩) قد افترض هذه الواقعة بالتحديد ، وأن كان كويكبه قد جاء من الحزام النجمى • ان بالنظرية من الحصاد ما يكفى • فإذا ما أمكن رصد الجرم وهو ما يزال بعيدا عن الأرض ، فمن المفروض أن نتسكن من إطلاق صواريخ تصمم لتنفجر على مقربة منه – وليس بالضرورة على سطحه – بحيث تحرفه عن مساره • قد تبدو هذه المهمة صعبة للغاية ، ولكنها قد لا تكون كذلك • فهذه الصواريخ ستوجه نحو هدفها ، وليس من الضرورى أن تصيبه اصابة مباشرة ، ان يكفى أن تنفجر بجواره وتفرده طاقة كافية ، فينحرف الجسم ، ولا يهمنا كثيرا أى اتجاه سيسلكه ، لأن أى انحراف سيأخذه بعيدا عن أرضنا •

كم يكفى من الطاقة كي نحرفه عن مساره ؟ ان هذا يتوقف على قدر الانحراف المطلوب ، وهذا بدوره يتوقف على بعد الجسم عن الأرض عندما

ينصرف • لو تذكرت مشكلة اطلاق قذيفة على القمر ، فستذكر ان الزاوية ما بين احد طرفى الهدف والآخر كانت صغيرة جدا • تصور الآن انك ستوجه قذيفتك نحو المريخ لا القمر • والمريخ جسم اكبر بكثير ، ولكنه يبدو لنا مجرد نقطة من الضوء فى السماء لا تختلف كثيرا عن النجوم بسبب انه يبعد كثيرا عنا • والزاوية بين حافتيه هى مجرد كسر صغير جدا من الدرجة • وتتناقص الزاوية كلما ازداد بعدنا عن الهدف • فاذا ما تمكنا من ان نرصد الكويكب وهو ما يزال يبعد عنا بضعة ملايين من الكيلومترات ، واذا امكنا ان نحسب مساره وتأكدنا من انه سيصطدم بنا ، واذا كان لدينا من الصواريخ التى يمكن اطلاقها ثم توجيهها من الارض (لاحظ ان الصواريخ الحربية البعيدة المدى مبرمجة مسبقا ولا يمكن اعادة توجيهها بعد اطلاقها) بحيث يمكن ان تعترض الكويكب وهو ما يزال بعيدا عنا بملايين الكيلو مترات وعندئذ سيكفى من الطاقة بضع عشرات الملايين من الأطنان •

هل سيكون من العملى ان ننشئ نظاما دفاعيا كهذا ؟ مرة أخرى علينا ان نزن المخاطرة وثمان تفاديا • ان احتمال حدوث الاصطدام هذا العام لا يختلف عن احتمال حدوثه العام القادم ، ولكن ربما كان علينا ان نولى اهتمامنا الى نتائج مثل هذا الاصطدام ، لان تكاليف النظام الدفاعى ستكون صغيرة جدا • فهو لا يستدعى الا قدرا متواضعا من الصواريخ والرؤوس الحربية - الموجودة بالفعل بكميات وافرة - ومن الممكن ان تجنب كل قوة من القوى العظمى عددا منها لهذا الغرض يتفق عليه دون ان يؤثر ذلك فى قدرتها الحربية • وهناك بالفعل خطط لتشديد مراصد تدور ، فاذا لم يكن المسح الروتينى للنظام الشمسى من بين المهام التى صممت من اجلها - وهذا يكاد يكون مؤكدا - فلن يكلفنا الكثير ان نضيف مثل هذه المهمة والمعدات اللازمة لها • قد لا تتواجد نظم توجيه الصواريخ منفصلة ، لكن المنظمات التى استطاعت ان تنزل بسلام عربات صغيرة على سطح المريخ والزهرة لن يصعب عليها اقامتها • فصناعتها ممكنة ، بل وواجبة • وستكون تكاليفها بسيطة ، فنتائج اصطدام كبير امر يفوق كل تصوراتنا •

ربما كان فى هذا درس لمن يفضل منا العودة الى طريق بسيط للحياة ، طريق اقل اعتمادا على التكنولوجيات المتطورة كوسيلة لبقاء الانسان •

إننا نستطيع أن نتفادى وقوع كارثة على مستوى الكرة الأرضية إذا ما
كرسنا أكثر التكنولوجيات تقدما لحل المشكلة . فإذا كان الخطر حقيقيا ،
وهو حقيقى ، فإن بقاء الانسان - بل وربما بقاء معظم أشكال الحياة
على هذا الكوكب - لا يمكن أن تؤمنه غير التكنولوجيات الرفيعة . إننا
لا نقول ان الحياة نفسها ستنتفىء تماما فوق هذا الكوكب ، ولكننا نقول
ان اتجاه التطور فى المستقبل قد يتغير . ربما استفاد أسلافنا من مثل هذا
التغير فى الماضى ، فهل سنستفيد نحن أيضا ؟ هل نحن متأكدون من أنه
لا توجد مجموعة صغيرة تافهة من الحيوانات تنتظر رحيلنا كي تتطور ؟
هل سنلعب نحن دور الدينوصورات فى المرة القادمة ؟

وقبل أن نترك الكويكب ربما حاولنا أن نعرف شيئا أكثر عن خبرة
الأرض به وبأمثاله . ما حجم هذا التهديد مقارنة بغيره من التهديدات التى
نسمع عنها أكثر ؟

الفصل الحادى عشر

البقاء

ناقشنا فى هذا الكتاب فاجعة واحدة • ولقد تعودنا منذ الستينات على تنبؤات بوقائع فاجعة — من هندسة البشر أنفسهم — ستقع فى المستقبل • لماذا اذن نطلب منك أن تقبل — كحقيقة — واقعة تبدو حسب الظواهر اقل احتمالا وأبعد كثيرا فى الزمن ؟

ربما كان علينا — بادئ ذى بدء — أن نناقش أفضع الوقائع التى يمكننا تصورها : الحرب النووية الشاملة • ويقولون ان هذه الحرب تعنى القضاء على جنس البشر ، وربما كان فيها نهاية الحياة على الأرض • سيحترق بها كوكبنا ويتحول الى رماد •

حسبت — كما نتوقع — نتائج مثل هذه الحرب • والواقع ان المجموعة التى قامت بهذه الحسابات قد عملت تحت رعاية أكاديمية العلوم الأمريكية • افترضت المجموعة حربا شاملة بين حلف شمال الأطلنطى (ناتو) وحلف وارسو ، استعملت فيها كل الأسلحة المتاحة • سيعم الخراب أراضى الدول المتحاربة ، وسيقتل فيها الملايين من البشر • أما خارج نطاق هذه الدول — لا سيما فى نصف الكرة الجنوبى — فلن يكون الأثر الا ضئيلا (وهذه الحرب على أية حال ستقتصر على نصف الكرة الشمالى ، ولن تشمل الكرة الأرضية بأكملها) ، أما السبب فى اقتصارها على نصف الكرة الشمالى فيرجع أساسا الى القدر المحدود جدا لتبادل الهواء عبر خط الاستواء • وفى خلال ثلاثين سنة من هذه الحرب ستعود ثانية كل النظم البيئية الطبيعية التى تأثرت ، ولن تحفظ الأرض جروحا تترك ندوبا دائمة • ستهز الحرب الجنس البشرى ، لكن ليس ثمة احتمال لانقراض الانسان ، ناهيك عن انقراض الحياة نفسها •

هذه هى النتيجة التى نتوقعها من المعلومات التى نعرفها • نعلم ان موت البشر بعد استعمال القنبلتين الذريتين على اليابان عام ١٩٤٥ قد

نتج عن الحرارة ، عن الانفجار العنيف ، عن الاشعاع (أساسا الاشعاع الذى انبعث مع وهج الانفجار) وعن تلوث الجروح التى لم يمكن معالجتها لنقص الخدمات الطبية ، وعن الأمراض الناتجة عن تلوث مصادر المياه . تعرض الكثيرون لجرعات عالية من الاشعاع المؤين ، ومات الكثيرون بسببه ، وكان المتوقع أن من تعرض لجرعات غير قاتلة ، ومن تعرض للاشعاع عن طريق الغبار المتساقط بعيدا عن منطقتى الانفجار ، كل هؤلاء سيصابون فى مستقبل حياتهم بأمراض سببها الاشعاع . ولقد حدث هذا فعلا للبعض . لكن أنواع الأمراض التى نربطها بالاشعاع - وهى السرطانات أساسا - تحدث أيضا لأسباب أخرى ، والبشر جميعا يتعرضون باستمرار للاشعاع الطبيعى . ولما كانت هذه الأمراض تحدث بالمجتمعات البشرية فى كل مكان ، فلا يصح أن نعزو للاشعاع الذى هو من صنع الانسان ، الا ما يزيد عن المعدل المتوقع . والآن ، وبعد مرور ٢٨ عاما من القاء القنبلتين ، سنجد أن نسبة هذه الأمراض فى المدينتين أقل من نسبتها فى المجتمعات التى تتعرض لمثل هذا الاشعاع . وعلى هذا ، فإن فكرة أن يكون اشعاع الأسلحة الذرية هو السبب الرئيسى فى الموت ، أو أن يكون هو السبب فى تزايد ظهور الطفرات الرهيبة ، هذه الفكرة لا أساس لها . اننا لا نحاول أن نبرر أو نفقر ما حدث لهيروشيما ونجازاكي ، لكن تبقى الحقيقة ، وهى أن هاتين المدينتين قد ازدهرتا واكتظتا بالبشر ، بعد أن كانتا اكواما مهجورة من الحطام .

ولدينا الآن بيانات مفصلة عن جزيرة بكينى المرجانية وجزيرة اينوتوك ، الموقعين بالباسيفيكي اللذين يستخدمان فى اختبار الأسلحة الذرية . فهاتان الجزيرتان بجانب مواقع الاختبار السوفيتية بسيبيريا هى أكثر الأماكن على سطح الأرض تعرضا للاشعاع . تحطمت كل الحياة عليها اثناء فترة الاختبار ، كما احترقت تربتها وصوح بها ، ليتعسرى الصخر أجردا . وعندما توقفت الاختبارات، عادت الحياة تستعمرها ثانية، حتى ليكاد يكون من المستحيل الآن أن نميزها ايكولوجيا عن المواقع الشبيهة فى المناطق الأخرى من العالم التى لم تتعرض مثلها .

ندرك إذن أن كوكبنا يستطيع فعلا أن ينجو من أسوأ كارثة - من صنع أيدينا - يمكن تخيلها . ولم لا ؟ ألم تتحمل الأرض هذا الاصطدام، الذى وصفناه ، بالكويكب والذى كان أسوأ آلاف المرات ؟ .

قد يساعدنا هذا فى أن نضع بمخيلتنا فكرة قدرة النشاط البشرى على تحطيم الحياة على الأرض . فإذا ما تفحصنا التنبؤات المتشائمة بتفصيل أكبر فسنجد أنها مبنية على بيانات خاطئة أو على تقديرات مبالغ فيها

جدا عن قوة الانسان • سنلوث البحار حتى تصبح غير صالحة لاقامة الحياة • سندمر النباتات الخضراء - لا سيما الفيتوبلانكتون البحري - فيستنفذ أكسجين الغلاف الجوى • سنستخدم علب الايروسول فنخرب طبقة الأوزون وتشوينا الأشعة فوق البنفسجية سنشيد الكثير والكثير من محطات القوى النووية فنحطم انفسنا (بآليات لم نعيها) • ان القائمة طويلة جدا ، واذا ما سخرنا منها فاننا لا نقصد أن نسخر من الاهتمام بالبيئة الأرضية • ان هذا يستحوذ على اهتمامنا الحقيقي • ولكن ليس هناك من عذر اذا لم نستخدم ما لدينا من معرفة فى جعل كوكبنا أكثر حسنا وبهجة ، لأجلنا ولأجل الأنواع الأخرى • ان كل ما علينا أن نفعله هو ان نشطب من قاموسنا الجمل الأكثر تهورا ، وأولها وأخطرهما هى ان النشاط البشرى يهدد حياة الانسان ويمكن أن يهددها - برغم أننا بالطبع نستطيع ان نحطم مدنا بل وأوطانا بكل ما تحمله من بشر - أو أنه يهدد الحياة بأكملها •

كيف يمكن أن نتأكد من هذا ؟ لقد أعمل كلانا فكره فى هذه القضية سنين وسنين لنصل الى نفس النتيجة عن طريقين مختلفين • ولقد قمادنا الاستنتاج الى أن ننظر الى الأرض ، والحياة التى تدعها ، بما قد يبدو نظرة جديدة • ان الحياة لا شك مرنة للغاية سهلة التكيف ، تبرا بسرعة من جرحها ، فتستعاد الظروف الملائمة للحياة • وهى تستعاد - كما تشأت أصلا - عن طريق الكائنات الحية نفسها • ولقد شكلت العمليات الحيوية سطح الأرض بأكمله من أعماق محيطاته الى اقصى قمة لغلافه الجوى • ولقد شرح الجدل المعضد لهذه النظرة فى كتاب : « جايا : نظرة جديدة للحياة على الأرض » (لمؤلفه ج ١٠ • لوفلوك ، سنة ١٩٧٩) ، فلا يلزمنا إذن أن نلخصها هنا • والجدل فى ذلك الكتاب يبرر مرونة الحياة •

وهو يضع النشاط البشرى فى منظوره الصحيح • فنحن نعرف مثلا أن مناطق مختلفة من كوكبنا على خطوط العرض العليا تختفى تحت ملاءات ثلجية فى عملية تسمى عملية التثليج • وكل السطوح الأرضية الموجودة على خطوط عرض أعلى من ٤٥° شمالا أو جنوبا قد تثلجت يوما وستثليج ثانية • يقتل التثليج كل الحياة النباتية وربما أيضا معظم الكائنات الدقيقة بالتربة ، كما يسبب فساد التربة على سطح الأرض • وهو يسبب خرابا على مستوى يفوق بكثير المصاومات التافهة لرجال الصناعة أو حتى رجال الزراعة • ولما لم يكن للتثليج أثر ضار مستديم على الحياة ككل ، فلما ان نثق بأن المناطق على خطوط العرض العليا مناطق مرنة ، فأيا كان ما نفعله بسطح تربتها ، فالأغلب الا تكون النتائج خطيرة • ولما أيضا ان نثق فى أن المشاكل البيئية التى يسببها التوسع.

الصناعى لن تكون على الأرجح خطيرة طالما كانت قدرتنا على التنبؤ بنتائج العمليات التى نبدؤها - ومن ثم السيطرة عليها - يضى بنفس المعدل أو أسرع . ربما كان التوسع فى مجال صناعة المعلومات الآن هو الأكبر ، وبذا فإن المشاكل البيئية تحدد الآن وتشخص بمعدل سريع . ورغم وجود الكثير من المشاكل السياسية فإن العمل المناسب عادة ما يتخذ .

تنشأ معظم مخاوفنا البيئية من ملاحظتنا أن البشر يحورون من بيئتهم كى تصبح أكثر ملاءمة لهم ولنباتهم وحيواناتهم المستأنسة . وعادة ما يقابل الوطن الذى يصنعه الإنسان بالوطن الذى لم يصنعه هو ، فمثل هذا الأخير يعتبر موطننا « طبيعيا » ، وهذا يعنى تضمينا أن ما يصنعه الإنسان « ليس طبيعيا » . وعلى هذا فالغابة العذراء « طبيعية » والمزرعة التى تجاورها ليست كذلك . ولقد تسبب هذا الخطأ البسيط ، فى الملاحظة وفى المنطق ، فى الكثير جدا من المشاكل . وإذا كان لنا أن نميز بدقة بين التهديدات الحقيقية والتخيلية فعلىنا أن نصححه .

أن كل الأنواع - بدءا من أبسط الكائنات الدقيقة وحتى أكبر نباتات أو حيوان - كلها تحور من بيئاتها المباشرة ، ولا حيلة لها فى ذلك . أن نشاطا أساسيا كالتنفس يغير من كيمياء الجو ، ولقد غير التمثيل الضوئى - وهو العملية الطبيعية تماما - غير بشكل جذرى ، فى التاريخ المبكر للأرض ، من كيمياء الجو بإطلاق غاز الأكسجين . وكان هذا الغاز شديد السمية بالنسبة للكثير من الكائنات التى كانت موجودة عندئذ . كانت هذه الكائنات على أية حال قد تعودت على بيئة خالية من الأكسجين . وكان إنتاج كميات وفيرة من هذا الغاز هو أخطر واقعة تلوث فى تاريخ هذا الكوكب - ورغم ذلك لم تندثر الحياة ، لقد بقيت ، تماما كما حدث أيضا عقب الاصطدام بالكويكب فى العصر الطباشيرى . ولا يحتاج الأمر الرجوع بعيدا فى الزمن كى نبحث عن بيئة من صنع غير البشر ، لأن كل بيئات الأرض قد صنعت هكذا . أن بعض الكائنات تحور من بيئاتها بطريقة يمكن ملاحظتها مباشرة . أن فى مقدور القندس أن يحيل أراضي الغابات الى مراعى ، وهو يفعل ذلك . وحيوانات الرعى الكبيرة تحيل الغابات الى برارى . فإذا ما حور البشر من بيئتهم ، فهم بالطبع لا يقومون بما لا يفعله غيرهم من الأنواع الحية .

أن استعمال كلمة « الطبيعى » ليس بأكثر من تشوش لفظى نجم عن كلمة لها - وكان لها - العديد من المعانى . حملت الكلمة معنى أخلاقيا إضافيا على الأقل لدى القديس توماس الأكوينى عندما كتب عن « القانون الطبيعى » ، الذى كان يعنى به « القانون الإلهى » . ولقد ضمننا هذا - مدركين أو غير مدركين - فى حكمنا على سلوك البشر عندما نقابل

بين السلوك « الطبيعي » - أو الهمجي ، أو « الحيواني » - والسلوك « المتحضر » . ولقد أصبح الناس في القرنين الماضيين يميلون الى تفضيل هذا النوع من السلوك أو الآخر . ولقد ناصر مؤخرا بعض علماء البيئة وجهة نظر جان جاك روسو القائلة بأن الانسان في « الحالة الطبيعية » يعيش في سلام مع بيئته « الطبيعية » . وأصبح الناس يعتقدون في خرافة « الهمجي النبيل » - وساندهم في ذلك الكثير من الانسانيين الهواة ، كما لو كان الأمر حقيقيا . أما الحقيقة فهي بالطبع أننا أنفسنا قد أصبحنا « الهمجي النبلاء » ، وليس هناك أدنى سبب يدعونا أن نتصور أن أجدادنا الأقربين كانوا أكثر ادراكا بالبيئة منا نحن . والواقع أن الشواهد المعروفة تشير الى أنهم كانوا أقل منا ادراكا بها .

وعلى هذا فليس أمامنا الا أن نستنبط أن قدرتنا على تحطيم العالم، أو حتى تحطيم أنفسنا ، هو أمر خيالي تماما ، ناتج عن عجزنا . ولو أننا اكتسبنا مثل هذه القدرة - وفي الامكان اكتسابها اذا طورنا مثلا مصادر للطاقة رخيصة لا تنضب يمكن أن نرفع بها حرارة الجو حتى نصل الى تثبيت ظاهرة صوية دائمة - نقول لو اكتسبنا مثل هذه القدرة فمن المستبعد ألا نستطيع السيطرة عليها . ان الأفضل أن نتأكد تماما بأن قدراتنا على السيطرة على صناعاتنا وتكنولوجياتنا لن تتآكل . وهذا لن يتطلب منا أكثر من اليقظة . ان علينا أن ننظر بعين الشك لكل من يحاول أن يجعلنا نرفض الصناعة والتكنولوجيا بعامة ، وتكنولوجيا المعلومات بالذات . ان مثل هؤلاء يجعلون من زوالنا أمرا أكثر احتمالا ، لا أقل .

لا بد أن تأتي التهديدات الحقيقية من خارج الأرض ، ولعل أكثرها مباشرة هو اصطدام كويكب كبير بالأرض . ان احتمال حدوث هذا احتمال كبير يكاد يبلغ حد اليقين . لقد تسبب مثل هذا الاصطدام ذات يوم منذ خمس وستين مليون سنة في تغيير مسار التطور ، أو على الأقل في اسراع عجلته . فماذا يا ترى سينتج لو حدث اصطدام آخر ؟ ان علينا - نحن - أن نستطيع تخمين النتائج - واجبا أخلاقيا أن نأخذ هذا مأخذ الجد ، وأن نقوم بكل ما نستطيع من خطوات متواضعة رخيصة الثمن كي نتفادها ، لأننا نعتقد أن في إمكاننا أن نتفادها . أننا ندين بالكثير لمن يحدو هدونا ، انسانا كان أو غير بشر .

فإذا بحثنا عن تهديدات أخرى ، فسنجد ما . أننا نشغل قطعة ثائرة خطيرة في السماء . لكن هذه قصة أخرى . .

الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة المترجم	٧
مقدمة	١١
١ - العثور على الجثة	٢٣
٢ - أدلة من الحاصل	٣٩
٣ - فجأة ، أم بالتدريج ؟	٦١
٤ - السحب والمذنبات والنيازك	٧٧
٥ - برميل النار	٩٥
٦ - السماء والبحر والصخر	١١٥
٧ - أسباب الوفاة	١٣٥
٨ - التلوث الرهيب للجو	١٥٥
٩ - مسرح الجريمة	١٧٥
١٠ - السماء الثائرة	١٨٧
١١ - البقاء	

● ● صدر من هذه السلسلة :

المؤلف	اسم الكتاب
برتراند رسل	١ - أحلام الأعلام وقصص أخرى
ي . رادونسكايا	٢ - الإلكترونيات والحياة الحديثة
السدس هكسلى	٣ - نقطة مقابل نقطة
ت . و . فريمان	٤ - الجغرافيا فى مائة عام
رايموند وليامز	٥ - الثقافة والمجتمع
	٦ - تاريخ العلم والتكنولوجيا . ج ٢
ر . ج . فوربس	القرن الثامن عشر والتاسع عشر
ليستر ديل راى	٧ - الأرض الغامضة
والتر آلن	٨ - الرواية الانجليزية
لويس فارجاس	٩ - المرشد الى فن المسرح
فرانسوا دوماس	١٠ - آلهة مصر
د . قدرى حفى وأخرون	١١ - الانسان المصرى على الشاشة
أولج فولكف	١٢ - القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة
هاشم النحاس	١٣ - الهوية القومية فى السينما العربية
ديفيد وليام ماكدونالد	١٤ - مجموعات النقود . . صيانتها . . تصنيفها . . عرضها
عزيز الشوان	١٥ - الموسيقى - تعبير نغمى - ومنطق
د . محسن جاسم الموسوى	١٦ - عصر الرواية - مقال فى النوع الأدبى
اشراف س . بى . كوكس	١٧ - ديلان توماس
جون لويس	١٨ - الانسان ذلك الكائن الفريد
بول ويست	١٩ - الرواية الحديثة
	٢٠ - المسرح المصرى المعاصر
د . عبد المعطى شعراوى	أصله وبدايته
أنور المعداوى	٢١ - على محمود طه . الشاعر والانسان
بيل شول وأدلييت	٢٢ - القوة النفسية للآهرام
د . صفاء خلوصى	٢٣ - فن الترجمة

اسم الكتاب	المؤلف
٢٤ - تولستوى	رالف ماتيلو
٢٥ - سستندال	فيكتور برومبير
٢٦ - رسائل وأحاديث من المنفى	فيكتور هوجو
٢٧ - الجزء والكل	فيرنر هيزنبرج
٢٨ - التراث الغامس ماركس	
والماركسيون	سدنى هوك
٢٩ - فن الأدب الروائى عند تولستوى	ف. ع. أدنيكوف
٣٠ - أدب الأطفال (فلسفته - فنونه - وسائله)	هادى نمان الهيتى
٣١ - أحمد حسن الزيات	د. نعمة رحيم العزاوى
٣٢ - اعلام العرب فى الكيمياء	د. فاضل أحمد الطائى
٣٣ - فكرة المسرح	فرنسيس فرجون
٣٤ - الجحيم	هنرى باربوس
٣٥ - صنع القرار السياسى فى منظمات الادارة العامة	السيد عليوة
٣٦ - التطور الحضارى للانسان (ارتقاء الانسان)	جواكوب برونوفسكى
٣٧ - هل نستطيع تعليم الاخلاق للأطفال ؟	د. روجر ستروجان
٣٨ - تربية الدواجن	كاتى ثير
٣٩ - الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا. سبنسر
٤٠ - النصل والطب	د. ناعوم بيتروفيتش
٤١ - سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جوزيف داهموس
٤٢ - سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ازام مصر ١٨٣٠ - ١٩١٤	د. ليتوار تشامبرز رايت
٤٣ - كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د. جون سندر
٤٤ - الصحافة	بيير البير
٤٥ - اثر الكوميديا الالهية لدانتى فى الفن التشكيلى	الدكتور غبريال وهبه

اسم الكتاب	المؤلف
٤٦ - الأدب الروسى قبل الثورة البلشفية وبعدها	د. رمسيس عوض
٤٧ - حركة عدم الانحياز فى عالم متغير	د. محمد نعمان جلال
٤٨ - الفكر الأوروبى الحديث ج ١	فرانكلين ل. باومر
٤٩ - الفن التشكيلى المعاصر فى الوطن العربى ١٨٨٥-١٩٨٥	شوكت الريمى
٥٠ - التنشئة الأسرية والأبناء الصغار	د. محيى الدين أحمد حسين
٥١ - نظريات الفيلم الكبرى	تأليف : ج. ج. دادلى أندرو
٥٢ - مختارات من الأدب القصصى	جوزيف كونراد
٥٣ - الحياة فى الكون كيف نشأت وأين توجد ؟	د. جوهان دورشنر
٥٤ - حرب الفضاء ، دراسة تحليلية	طائفة من العلماء الأمريكينة
٥٥ - إدارة الصراعات الدولية ، دراسة	د. السيد عليوة
٥٦ - الميكروكمبيوتر	د. مصطفى عنانى
٥٧ - مختارات من الأدب اليابانى (الشعر - الدراما - الحكاية - القصة القصيرة)	اختيار وترجمة اليابانيين القدماء والمحدثين فرانكلين ل. بلومر
٥٨ - الفكر الأوروبى الحديث ج ٢	جابريل باير
٥٩ - تاريخ ملكية الأراضى فى مصر الحديثة	أنطونى دى كوسبى فرانكلين ل. باومر
٦٠ - اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة	دوايت سوين
٦١ - الفكر الأوروبى الحديث ج ٣	زافيلسكى ف. س
٦٢ - كتابة السيناريو للسينما	ابراهيم القرضاوى
٦٣ - الزمن وقياسه	بيتر ر. داي
٦٤ - أجهزة تكييف الهواء	جوزيف داهموس
٦٥ - الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعى	س. م. بورا
٦٦ - سبعة مؤرخين فى العصور الوسطى	د. عاصم محمد رزق
٦٧ - التجربة اليونانية	رونالد د. سمبسون
٦٨ - مراكز الصناعة فى مصر الاسلامية	

المؤلف	اسم الكتاب
رونالد د. سمبسون	٦٩ - العلم والطلاب والمدارس
و نورمان د. أندرسون	٧٠ - الشوارع المصري والفكر
د. أنور عبد الملك	٧١ - حوار حول التنمية
والتر روستو	٧٢ - تبسيط الكيمياء
فريد هيس	٧٣ - العادات والتقاليد المصرية
جون بوركهارت	٧٤ - التذوق السينائي
آلان كاسبر	٧٥ - التخطيط السياحي
سامي عبد المعطي	٧٦ - البذور الكونية
فريد هويل	
شندرا ويكرا ماسينج	٧٧ - دراما الشاشة ج ١
حسين حلمي المهندس	٧٨ - الهيروين والايذز
روي روبرتسون	٧٩ - الفكر الأوربي الحديث ج ٤
فرانكلين ل. باومر	٨٠ - نجيب محفوظ على الشاشة
هاشم النحاس	٨١ - صور أفريقية
دور كاس ماكينتوك	٨٢ - الكمبيوتر في مجالات الحياة
د. محمود سرى طه	٨٣ - دراما الشاشة ج ٢
حسين حلمي المهندس	٨٤ - المخدرات حقائق اجتماعية
بيتر لسوري	ونفسية
	٨٥ - وظائف الأعضاء من الألف
بوريس فيدروفيتش سيرجيف	إلى الياء
ويليام بينر	٨٦ - الهندسة الوراثية
ديفيد الدرتون	٨٧ - تربية أسماك الزينة
أحمد محمد الشنواني	٨٨ - كتب غيرت الفكر الانساني
جمعها : جون ر. بورو	٨٩ - الفلسفة وقضايا العصر ج ١
جمعها : جون ر. بورر	
وميلتون جولدينجر	٩٠ - الفكر التاريخي عند الافريق
أرنولد توينبي	٩١ - قضايا وملامح الفن التشكيلي
د. صالح رضا	٩٢ - التغذية في البلاد النامية
م. ه. كننج وآخرون	
وميلتون جولدينجر	٩٣ - الفلسفة وقضايا العصر ج ٢
جورج جاموف	٩٤ - بداية بلا نهاية

اسم المؤلف	اسم الكتاب
د. الصيد طه أبو سديرة	٩٥ - الحرف والصناعات في مصر الاسلامية
جاليليو جاليليه	٩٦ - حوار حول النظامين الرئيسيين للكون ج١
جاليليو جاليليه	٩٧ - حوار حول النظامين الرئيسيين للكون ج٢
جاليليو جاليليه	٩٨ - حوار حول النظامين الرئيسيين للكون ج٣
أريك موريس ، آلان هو سيريل الدريد	٩٩ - الارهاب
آرثر كيستلر	١٠٠ - أخناتون
جمعه : جون ر. بورر ميلتون جولد ينجر	١٠١ - القبيلة الثالثة عشرة
ر.ج. فويس ، أ.ج. ديكسترهوز كوفلان	١٠٢ - الفلسفة وقضايا العصر ج ٣
توماس هاريس	١٠٣ - العلم والتكنولوجيا
مجموعة من الباحثين	١٠٤ - الأساطير الاغريقية
روى لرمز	١٠٥ - التوافق.النفسي
ناجاي متشيو	١٠٦ - الدليل البيلوجرافى
بول هاريسون	١٠٧ - لغة الصورة
	١٠٨ - الثورة الاصلاحية فى اليابان
	١٠٩ - العالم الثالث غدا

مطابع الهيئة العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٥٦٨٢ / ١٩٩٢

ISBN — 977 — 10 — 3103 — 2

يعرض الكتاب نظرية جديدة شيقة تعلق انقراض
الدينوصورات في نهاية العصر الطباشيرى ومعها نحو
٧٠٪ من الكائنات الحية التي كانت موجودة عندئذ
يوثق الكاتبان النظرية ببراهين تمتزج فيها علوم التطور
والحشرات والوراثة والجيولوجيا والبيئة والمناخ
والأقلمة والكيمياء والفيزياء والفلك .